

(11)特許出願公開番号

特開平10-161708

(43)公開日 平成10年(1998)6月19日

(51)Int.Cl. ⁸	識別記号	F I	
G 0 5 B 15/02		G 0 5 B 15/02	Z
B 2 3 Q 41/08		B 2 3 Q 41/08	B
G 0 6 F 17/60		G 0 6 F 15/21	R
			L

審査請求 有 請求項の数 5 F D (全 31 頁)

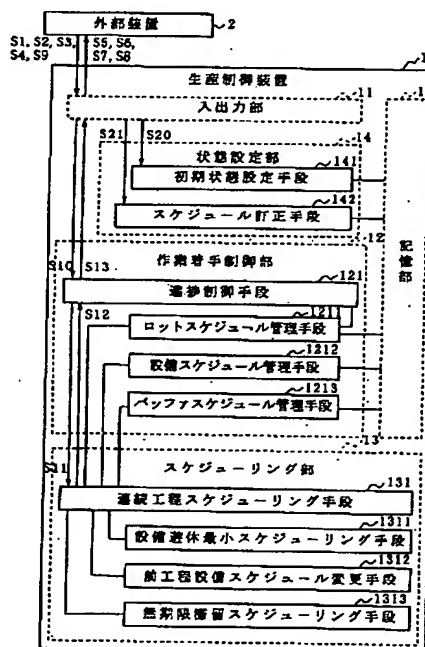
(21)出願番号	特願平8-334974	(71)出願人	000004237 日本電気株式会社 東京都港区芝五丁目7番1号
(22)出願日	平成8年(1996)11月29日	(72)発明者	鳥羽 弘康 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株 式会社内
		(74)代理人	弁理士 加藤 朝道

(54)【発明の名称】 生産制御装置

(57)【要約】

【課題】連続する工程上でバッファ容量制約を満たすように各設備群での作業開始を制御し連続工程設備群での設備能力を活用し個々のロット属性に基づく作業着手スケジュールを可能とした生産制御装置の提供。

【解決手段】工程手順上連続する有限バッファ設備群に存在するロット毎に作業予定スケジュールを管理するロットスケジュール管理手段、連続有限バッファ設備群の設備毎に稼働停止予定スケジュールと作業予定スケジュールを管理する設備スケジュール管理手段、有限バッファを有する設備群毎に利用予定スケジュールを管理するバッファスケジュール管理手段、工程手順上連続する有限バッファ設備群連続区間に投入されたロットのスケジュールを立案する連続工程スケジューリング手段、有限バッファ設備群に到着したロットについて作業実施を制御する進捗制御手段を含む。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】バッファに収容するロットの容量が制限される有限バッファ設備群に到着したロットについて、スケジューリングによって予め決定され確定しているロット作業予定スケジュールに基づいて作業の実施の制御を行うと共に、ロット処理を完了した設備から次に処理するロットについて、予め確定している設備スケジュールに基づいて、次に実施する作業を制御する進捗制御手段と、

工程手順上連続する有限バッファ設備群に存在するロット毎に、該連続有限バッファ設備群での作業予定スケジュールを記憶管理するロットスケジュール管理手段と、連続有限バッファ設備群の設備毎に、稼働停止予定スケジュールと作業予定スケジュールとを記憶管理する設備スケジュール管理手段と、

有限バッファを有する設備群毎にバッファの利用予定スケジュールを記憶管理するバッファスケジュール管理手段と、

工程手順上連続する有限バッファ設備群連続区間に到着したロットに対して、及び、該連続区間内において該区間の途中からの作業予定スケジュールが未定のロットに対して、該連続区間内で未定の作業スケジュールを立案するか、もしくは途中で無期限滞留するスケジュールを立案する連続工程スケジューリング手段と、

を備え、

連続する工程上で、設備群の前で作業を待つロットの数を同設備群のバッファ容量以下に保つ制約を満たすように各設備群の設備での作業開始を制御する、ことを特徴とする生産制御装置。

【請求項2】生産設備での作業待ちロットの数が待ちロットを格納するバッファの容量を超えないように作業着手を制御することが望まれる複数の生産設備群からなる生産ラインのロットフローを制御する生産制御装置であって、

工程手順上連続する有限バッファ設備群に存在するロット毎に、該連続有限バッファ設備群での作業予定スケジュールを記憶部に記憶管理するロットスケジュール管理手段と、

前記連続有限バッファ設備群の設備毎に、稼働停止予定スケジュールと、作業予定スケジュールと、を記憶部に記憶管理する設備スケジュール管理手段と、

有限バッファを有する設備群毎に該バッファの利用予定スケジュールを記憶部に記憶管理するバッファスケジュール管理手段と、

工程手順上連続する有限バッファ設備群連続区間に入ってきたロットや、該連続区間内で、区間途中からの作業予定スケジュールが未定のロットに対して、該連続区間内で未定の作業スケジュールをすべて立案するか、もしくは途中で無期限滞留するスケジュールを立案する連続工程スケジューリング手段と、

バッファに収容するロットの容量が制限される有限バッファ設備群に到着したロットについて、前記連続工程スケジューリング手段によって予め決定され確定しているロット作業予定スケジュールに基づいて作業の実施を制御し、ロット処理を完了した設備で次に処理するロットについて、予め確定している設備スケジュールに基づいて次に実施する作業を制御する進捗制御手段と、前記連続工程スケジューリング手段によって立案されたスケジュールと実際のスケジュールの違いが発生した場合に、前記立案したスケジュールの相違部分を、実際のスケジュールに従って訂正するスケジュール訂正手段と、

を備えることを特徴とする生産制御装置。

【請求項3】請求項2記載の生産制御装置において、前記連続工程スケジューリング手段に、

各設備のロット作業スケジューリングを行い、前記バッファの利用スケジューリングを行うために、各生産設備の遊休停止期間が最小になるような作業設備と作業時間を選択する設備遊休最小スケジューリング手段と、

前工程設備群での作業時間区間を、指定した時刻以降に実施できる作業時間区間に変更する前工程設備スケジュール変更手段と、

指定した設備群に無期限滞留させる無期限滞留スケジュールリング手段と、

を備えたことを特徴とする生産制御装置。

【請求項4】請求項2記載の生産制御装置において、生産ラインに初期仕掛作業ロットが存在する場合に、該ロット作業にかかわるロット、設備、バッファスケジュールを作成するため、初期動作時に、外部装置より、生産計画、生産ライン情報、仕掛ロット情報等を得て、各初期仕掛ロットに対する生産制御開始時刻以降のロットスケジュールタイムテーブル、設備毎の設備スケジュールタイムテーブル、及びバッファ毎のバッファスケジュールタイムテーブルを立案設定し、制御の準備を行う初期状態設定手段を備えることを特徴とする生産制御装置。

【請求項5】請求項2記載の生産制御装置において、前記連続工程スケジューリング手段が、ロットスケジュール、設備スケジュール、バッファスケジュールのそれぞれを各工程のスケジュールが仮決定する都度登録し、また、スケジュールの部分的変更、無効化をする都度変更や無効化を実施しながら、連続する有限バッファ設備群連続区間全工程のロットスケジュール、設備スケジュール、バッファスケジュールを立案する、ことを特徴とする生産制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、生産制御装置に関し、特に、生産設備での作業待ちロットの数が待ちロットを格納するバッファ（保管缶）の容量を越えないように作業着手を制御することが望まれる複数の生産設備群

からなる生産ラインのロットフローを制御する生産制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】生産システムでは、ロットの作業を実施する設備、作業員、治具等の資源を利用して、作業を実施する。これらの資源は、それぞれ固有の作業能力を持ち、個別の稼働計画に基づいて運用が行われる。生産システムでは、作業対象となるロットが日々投入され、生産システムは、予め決められた工程手順に基づいて、生産システムの作業資源を用いて工程作業を開始する。

【0003】複数の設備群から構成される生産ラインにおいては、或る工程の設備群に到着し作業の済んだロットは、次工程の設備群に搬送される。その際、搬送先の設備群の能力が充分ある場合には、その設備群で直ちに作業が開始される。他方、搬送先の設備群の能力が不足している場合には、搬送されてきたロットは、その設備群の前に作業待ちの行列を形成して処理を待つことになる。

【0004】このため、各設備群の前には、各々の設備能力とロット投入計画との関係によっては、然るべき待ちロットが発生することがある。これらの待ちロットを格納するために、一般的な生産ラインにおいては、各設備群に、大小の保管棚、即ちバッファが設けられている。

【0005】バッファは、一般にはその容量（一種の作業資源）に制限があり、生産制御システムは全ての設備群でバッファの容量を超えないように、ロット進捗制御を行い、仕掛量を管理する必要がある。

【0006】従来、一部の生産ラインでは、待ちロット数がバッファの容量を超過しそうな場合、仮保管棚を用意して、作業員により一時的に待ちロットを収容する等の対応がなされていた。

【0007】しかしながら、例えば、大型液晶パネルを生産するラインにおいては、液晶パネルサイズが大きく、さらにパネルの重量がかさむことから、ロット単位での作業員によるハンドリングが困難であるため、生産ラインの自動化が進んでいる他、生産ラインの空きスペースやレイアウトの問題で、仮保管棚を置くスペースを用意したり、ロットを大量に保管する大容量バッファを用意することが難しいため、設備での作業や搬送作業において、次工程搬送先の設備群の待ちロット数が、設備群毎に定められたバッファ容量を超えることがないように、各設備でのロットの作業着手を自動制御することが望まれる。

【0008】従来、生産ラインのロットフロー制御の自動化については、例えば特開平5-12298号公報等に、前工程設備群から本工程設備群へ到着予定のロットをも把握して、作業優先度の高いロットの効率的なロットフローを実現するなど種々の方法が提案されている。また、例えば特開平7-129672号公報には、目標

とする在庫量に実際の作業進捗を追従させるための生産制御方式が提案されている。

【0009】一方、従来、バッファ容量を考慮した生産ラインのロットフロー制御については、例えば次工程設備群の処理待ちロットを見て作業着手を制御する方式について、文献⁽¹⁾（B. R. チビッツ著、「ルールベースシステムを用いたフレキシブルな半導体製造ラインシミュレーション」、IBM研究開発ジャーナル、第37巻、第4号、1993年6月、第507乃至521頁

10 (B. R. Tibbitts: "Flexible simulation of a complex semiconductor manufacturing line using a rule-based system", IBM J. RES. DEVELOP. Vol. 37, No. 4, July 1993, p. 507 to 521))において、ルールベース機構を適用したフロー制御のモデル化例が示されている。このフロー制御モデルでは、連続する設備群の間で、(1)次工程設備群へのロット着手制御、(2)前工程設備群からのロット着手制御により、かんばん方式のフロー制御を実現している。

20 【0010】さらに、文献⁽²⁾（ヘンリー・ダンジェロ、ミカエル・カルマニス、スーザン・フィンガー、アントン・マーベリック、ヤニス・A・フィリス、及び、エドワード・ラムスデン著、「ストレージを考慮した不確定要素を含む生産ラインのイベント駆動モデル」、国際生産研究ジャーナル、1988年、第26巻、第7号、第1773乃至1182頁（HENRY D'ANGELO, MICHAEL CARMANIS, SUSAN FINGER, ANTON MARVRETIC, YANNIS A. PHILLIS, EDWARD RAMSDEN: "Event-driven model of unreliable production lines with storage", INT. J. PROD. RES., 1988 VOL. 26, NO. 7, 1173-1182))と、文献⁽³⁾（バシリス・S・コイコロウ、及び、ヤニス・A・フィリス著、「バッファを考慮した生産ラインの厳密な離散事象モデルと制御方策」、アイトリブルイー自動制御部会会報、第36巻、第5号、1991年、第515乃至527頁（Vassilis S. Kouikoglou, Yannis A. Phillis: An Exact Discrete-Event Model and Control Policies for Production Lines with Buffers, IEEE Trans on Automatic Control, VOL. 36, NO. 5, 1991, pp515 to 527))では、BC制御下の生産

30 システムの能力評価手法について記載されている。能力評価の手段に、主眼を置いて作業対象となるロットを明示的にモデル化せずに、設備、バッファの状態変化時に着目し、設備の可能稼働時間と、設備スループットと、から、設備での作業数を割り出し、能力評価を実現している。具体的には、バッファ水準の制御は、設備スループット調整によって、間接的に実現されている。またバッファブロック発生時刻の計算は、予めスループットを基に計算しておき、設備メンテナンス、故障や、バッファブロックが発生した時点に、バッファ水準の制御、

作業着手制御のためのスループット調整や設備状態、バッファ状態の更新を、状態変化が発生した前後設備群に対して実施する他、状態変化の時間区間とスループットを基に作業ロットを求めている。

【0011】さらに、特開平8-179808号(特願平6-320310号)公報に記載の明細書では、「従来技術」として、次工程設備群の待ちロットがバッファ容量を超えないことを保証するために、本工程設備群RG_iの次工程設備群RG_{i+1}のバッファ容量をS_{i+1}とし、時刻tのRG_{i+1}の作業待ちロット数をN_{i+1}(t)とし、RG_{i+1}の前工程設備群となりうる設備群をRG_{prev*i+1*}^jとし、RG_{prev*i+1*}^jの作業中仕掛ロットの中で、次工程がO_{i+1}となるロットの数をN_{prev*i+1*}^j(t)とすると、式(1)で示される条件を作業着手可否の判定基準として利用したフロー制御について記載されている。

【0012】

【数1】

$$S_{i+1} \geq N_{i+1}(t) + \sum_j N_{prev*i+1*}^j(t) \quad \dots (1)$$

【0013】また、上記特願平6-320310号明細書では、「従来技術」として、収容ロット容量が制限されたバッファを有する場合の予測した仕掛量を基にした自動ロットフロー制御装置が示されている。

【0014】さらに、特願平7-214160号明細書では、予測した仕掛量を基にしたバッファが存在しない場合のロットフロー制御装置が示されている。

【0015】さらに、バッファを考慮するために、上記特願平6-320310号明細書に示されているスケジューリング方式を、上記特願平7-214160号明細書に示された従来技術に組み合わせて適用する方式も考えられる。

【0016】一方、従来、バッファ容量を考慮した生産ラインのスケジューリングに関して、文献⁽⁴⁾(玉置久、及び、西川義一著、「バッファ容量を考慮したスケジューリング問題のモデル化手法」、1995年刊計測自動学会論文集 第31巻、第7号、第933乃至940頁)では、バッファ容量を考慮したスケジューリング問題を混合整数計画問題として定式化し、選択グラフモデルに置き換えたり、タイムベトリネットに置き換える方法、ガントチャートモデルに置き換える方法に記載されている。

【0017】上記文献⁽⁴⁾において、ガントチャートモデルでは、直前のバッファにロットが1つ以上入れられる時刻の最大値をt₁、直後のバッファに空きができる時刻をt₂、使用する設備が空く時刻をt₃とした時に(それぞれ未定の場合は∞)、

$$\max(t_1, t_2, t_3) < \infty$$

を満たす最早開始可能時刻max(t₁, t₂, t₃)

と、最早終了可能時刻により定められる最早処理可能時

間区間を求めることによって、スケジューリングする方法についてふれられている。

【0018】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した従来の有限バッファ容量制約下のロットフロー制御方式には、それぞれ次に示すような問題点を有している。

【0019】上記特開平5-12298号公報や、上記特開平7-129672号公報等に提案されている生産ラインのロットフロー制御の自動化を目的とした従来の生産制御方式では、各設備群のバッファ容量の制限を考慮したロットフロー制御を行っていない。

【0020】従って、既存のロットフロー制御を有限容量バッファを有する生産ラインに適用した場合には、各バッファの容量以下に待ちロットの発生を抑えることは困難である。このため、生産ラインにおけるロットフロー制御は自動化に頼らずに人手で実施されているのが現状であり、所期の目標である生産制御の自動化ができないという問題があった。

【0021】また、文献⁽¹⁾(「ルールベースシステムを用いたフレキシブルな半導体製造ラインシミュレーション」)に示された、従来のかんばん方式フロー制御を適用した場合、バッファが空いてから前工程への作業着手が伝えられるため、前工程設備群で作業着手されたロットが最終的にバッファを満たすまでに、前工程設備群での作業時間相当のタイムラグが発生する。特に、前工程設備での作業時間が長い時に、単位時間当たりの作業数が減少し、作業を円滑に進める制御が困難になるという問題点を有している。

【0022】次に上記文献⁽²⁾(「ストレージを考慮した不確定要素を含む生産ラインのイベント駆動モデル」)と上記文献⁽³⁾(「バッファを考慮した生産ラインの厳密な離散事象モデルと制御方策」)に示された従来方式においては、1工程(設備群)に1設備を想定した処理モデルになっており、1工程(設備群)に複数設備のライン形態において設備毎にスループットが違ったり、設備毎にメンテナンス期間が違うという、一般的な生産ラインの問題に対処するには、設備群単位のスループットの調整、メンテナンス期間、故障期間等の扱いを変更しなければならないため、結果として、この従来方式をそのまま適用することはできない、という問題点を有している。

【0023】また、この従来方式は、一般的な生産ラインでよくみられる、作業着手後に、設備拘束をしない後段取作業時間や、次工程への搬送時間を考慮していない。上記した後段取作業時間や、搬送時間の存在は、設備群でのスループット調整と実際のバッファ仕掛推移の間にタイムラグを発生させる。このため、正確な作業ロット数が計算できないため、適切なバッファの仕掛ロット数が予測できず、所期の目標であるフロー制御ができないという問題があった。

【0024】さらに、処理の高速化のために、生産ラインでの作業対象物（ロット）を明示的にモデル化せず、計算により作業数を求める方式をとっており、実際のフロー制御に適用される個々のロットの属性（品種、作業条件、作業優先度等）を考慮できない。

【0025】元々、フロー制御を目的としていない従来技術では、所期の目的である作業ロットのフロー制御を行うことができないという問題があった。

【0026】また、上記特願平6-320310号明細書において「従来の技術」として示されている従来のフロー制御方式では、次工程バッファ容量の制約を満たすために、次工程設備群バッファでの待ちロット数と、当該バッファへ到着予定の処理中ロット数と、の総和を、次工程バッファの仕掛量とみなし、この仕掛量を、次工程バッファの容量以下に保つように、現工程設備での作業着手の可否を決定している。

【0027】この作業着手決定方法は、次工程バッファ容量の遵守を保証するものの、仕掛量を、実際のバッファ滞留量よりも多めに見積もる傾向があった。例えば、次工程バッファ容量が、その前工程設備群の設備数以下になる状況では、バッファへの滞留が発生しない程度、次工程設備群の処理能力が高くても、前工程設備群で処理されるロットの数は次工程バッファ容量以下に制限されるため、実際には、次工程バッファに余裕があり、作業が実施可能であるにもかかわらず、作業着手が保留される可能性が高くなる。

【0028】そして、前工程設備群でのロット作業開始から、ロット次工程設備群に到着するまでの時間が長くなるほど、新規作業着手が抑制される時間（タイムラグ）は大きくなり、作業を円滑に進める仕掛制御の実施が困難になる。

【0029】結果として、純粋な生産能力よりも低い能力で設備を稼働させることになり、作業時間が長い設備群では、作業を待つ仕掛は、必然的に増加を続け、やがてバッファ容量が満たされて、前工程設備群の作業をも保留し、最終的に、システム全体の作業進捗を停滞させる、という問題点を有している。

【0030】また、特願平6-320310号明細書に示されている従来技術では、予測した次工程設備群の仕掛量をもとに作業着手制御を実施して、次工程バッファ容量を活用するロットフロー制御を実現している。ところが、工程手順上で、同制御を連続して適用する設備群の数が3以上になる場合に、この従来技術では、3番目以降の設備群での作業可否を予測できない場合がある。

【0031】例をあげて説明すると、1番目の設備群での作業着手時に、2番目の設備群のバッファの状態と2番目の設備群で利用できる設備の状態のみで作業着手可能と判断できても、実際に、2番目の設備群に到着して作業着手する際には、3番目の設備群のバッファと、利用できる設備の状態により、作業着手の可否が決定され

る。同様に、3番目の設備群での作業着手は、4番目の設備群の状態により、4番目の設備群での作業着手は、5番目の設備群の状態により決定され、以下同様にして、 i 番目の設備群での作業着手は $i+1$ 番目の設備群の状態により決定される。

【0032】結果として、有限バッファを有する設備群が連続する場合、連続区間内の設備群での作業着手は、連続区間内の作業着工程以降の全ての設備群の状態を把握して、その各工程設備群において、有限バッファ制約を満たすことが必要となる。

【0033】上記従来技術を、有限バッファを有する設備群が3以上連続する生産ラインに適用した場合、3番目の設備群の状態を考慮せずに、2番目の設備群の着手が行われるため、3番目以降の設備群バッファにおいて、収容ロットの数が設備群のバッファ容量を超えて、所期の目標であるバッファ容量を遵守する制御ができない、ことがある。すなわち、3つ以上連続する工程区間で作業着手制御を適用する場合に、従来技術による設備群の作業着手可否判定だけでは、連続工程区間のバッファ容量を遵守させるスケジュールの立案を保証できない、という問題点を有する。

【0034】さらに、上記特願平7-214160号明細書に記載されている従来技術をバッファを有するラインのフロー制御に適用すると、各設備群バッファを使用することなく作業着手制御が行われるため、所期の目標であるバッファ容量を遵守する制御ができなかった。また、連続して制御を適用する設備群でスケジュールが立案できないときに作業着手が抑えられるため、作業報告数が低下し生産効率をおとすという問題があった。

【0035】さらに、上記特願平7-214160号明細書に記載されている装置に、上記特願平6-320310号明細書に示されている従来のスケジューリング方式を適用した場合、制御を適用する連続工程設備群の中で、最初に発生したボトルネック設備群において、全設備の稼働時間とバッファの容量がフルに活用される。

【0036】しかし、ボトルネック状態の発生以降は、ボトルネック設備群となる工程よりも前工程の設備群のバッファは活用されることなく推移するため、所期の目標である、バッファ容量を遵守する制御ができず、生産効率を低下させるという問題がある。

【0037】また、文献⁽¹⁾（「バッファ容量を考慮したスケジューリング問題のモデル化手法」）に示されたスケジューリングの生産制御への適用を考えた場合、混合整数計画問題に基づく従来方式では、同混合整数計画問題を作業実施の都度、実時間で問題を解く必要があり、必ずしも実用的ではない。

【0038】また、同文献⁽¹⁾において、ガントチャートモデルに示されたスケジューリング方策に基づく従来技術においては、直前のバッファにロットが1つ以上入られる時刻の最大値 t_1 、直後のバッファに空きがで

きる時刻 t_2 、使用する設備が空く時刻 t_3 とした時に（それぞれ未定の場合は ∞ ）、 $\max(t_1, t_2, t_3) < \infty$ を満たす最早開始可能時刻 $\max(t_1, t_2, t_3)$ と最早終了可能時刻により定めているため、連続する設備での作業着手制御によるタイムラグ発生を回避することはできるが、作業着手する設備群とその次工程設備群という局所的な情報のみ利用してスケジューリングしているため、3工程以上連続する有限バッファ設備群への作業着手制御を施した場合に、最早処理可能時間区間を求めるスケジューリング方策で作業着手を決定しても、上記特願平6-320310号明細書に示された従来技術が抱える、問題として指摘した、連続工程でのバッファ遵守スケジューリングが実施できないという理由で、所期の目標であるバッファ容量を遵守する制御ができない、という問題があった。

【0039】また、上記した従来技術の多くは、前後工程設備群の局所的な情報によって作業着手の制御をしているため、例えば、作業着手制御によって作業着手抑制の連鎖が発生すると、作業進捗のデッドロックによる作業完全停止等の事態に陥る、ということから、本質的に免れられなくなる。すなわち、局所的情報に基づく作業着手制御を行う従来技術の多くは、デッドロック状態を回避するのに必要な、数工程の設備群にわたる大域的な情報による作業着手を実施していないため、作業進捗のデッドロック状態に陥りやすくなる、という問題点を有している。

【0040】したがって、本発明は、上記問題点に鑑みてなされたものであって、その目的は、連続する工程上で、設備群の前で作業を待つロットの数を同設備群のバッファ容量以下に保つという制約を満たすように、各設備群の設備での作業開始を制御するとともに、上記連続工程設備群での作業開始を過度に抑制することなく、設備能力を活用しながら、個々のロット属性に基づいた作業着手スケジューリングを実行可能とした生産制御装置を提供することにある。

【0041】また、本発明の別の目的は、上記連続工程設備群での作業を、デッドロックを確実に回避して進捗させられるような生産制御装置を提供することにある。

【0042】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成する本発明の生産制御装置は、以下のような構成を備えている。

【0043】本発明は、工程手順上連続する有限バッファ設備群に存在するロット毎に、該連続有限バッファ設備群での作業予定スケジュールを記憶部に記憶管理するロットスケジュール管理手段と、連続有限バッファ設備群の設備毎に稼働停止予定スケジュールと、作業予定スケジュールを記憶部に記憶管理する設備スケジュール管理手段と、有限バッファを有する設備群毎にバッファの利用予定スケジュールを記憶部に記憶管理するバッファスケジュール管理手段と、工程手順上連続する有限バッ

ファ設備群連続区間に入ってきたロットや、該連続区間内で、区間途中からの作業予定スケジュールが未定のロットに対して、該連続区間内で未定の作業スケジュールをすべて立案するか、もしくは途中で無期限滞留するスケジューリングを立案する連続工程スケジューリング手段と、バッファに収容するロットの容量が制限される有限バッファ設備群に到着したロットについて、前記連続工程スケジューリング手段によってあらかじめ決定され確定しているロット作業予定スケジュールに基づいて作業の実施を制御したり、ロット処理を完了した設備で次に処理するロットについて、あらかじめ確定している設備スケジュールに基づいて次に実施する作業を制御する進捗制御手段と、連続工程スケジューリング手段によって立案した各スケジュールと実際のスケジュールの違いが発生した場合に、立案したスケジュールの食い違い部分を、実際のスケジュールに従って訂正するスケジュール訂正手段とを備える。

【0044】また本発明は、好ましくは、上記した生産制御装置において、連続工程スケジューリング手段に各設備のロット作業スケジューリングを実施したり、同バッファの利用スケジューリングを実施するために、各生産設備の遊休停止期間が最小になるような作業設備と作業時間を選ぶ前記、設備遊休最小スケジューリング手段と、前工程設備群での作業時間区間を指定した時刻以降に実施できる作業時間区間に変更する前記、前工程設備スケジュール変更手段と、指定した設備群に無期限滞留させる前記、無期限滞留スケジューリング手段を備える。

【0045】さらに、本発明は、上記した生産制御装置において、生産ラインに初期仕掛作業ロットが存在する場合に、該ロット作業にかかるロット、設備、バッファスケジュールを作成するため、初期動作時に外部装置より生産計画、生産ライン情報、仕掛ロット情報等を得て、各初期仕掛ロットに対する生産制御開始時刻以降のロットスケジュールタイムテーブルや、設備毎の設備スケジュールタイムテーブルや、バッファ毎のバッファスケジュールタイムテーブルを立案設定して、制御の準備を行う初期状態設定手段を備える。

【0046】そして、本発明は、上記した生産制御装置において、ロットスケジュール、設備スケジュール、バッファスケジュールのそれぞれを各工程のスケジュールが仮決定する都度登録し、また、スケジュールの部分的変更、無効化をする都度変更や無効化を実施しながら、連続する有限バッファ設備群連続区間全工程のロットスケジュール、設備スケジュール、バッファスケジュールを立案する連続工程スケジューリング手段を備える。

【0047】

【発明の実施の形態】次に本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0048】図1は、本発明の第1の実施の形態に係る

生産制御装置1の構成を示すブロック図である。図1を参照すると、本発明の第1の実施の形態に係る生産制御装置1は、生産制御装置1の外部に設けられる、同種生産設備の集合たる設備群を制御する装置、設備を制御する装置、設備、設備群の作業待ちロットを収容するバッファを制御する装置、バッファ装置等からなる外部装置2と、の間で伝送線等を介して種々の要求信号、制御信号等の情報の入出力を行う入出力部11と、バッファに収容するロットの容量が制限される有限バッファ設備群において、各設備で処理するロットの作業着手を制御したり、バッファの利用制御を実行する作業着手制御部12と、各設備のロット作業スケジューリングを実行したり、バッファの利用スケジューリングを実行するスケジューリング部13と、生産計画、生産ライン情報を外部装置2より得て、各種設定処理を行う状態設定部14と、バッファに収容するロットの容量が制限される設備群のバッファに滞留するロットの滞留スケジュール、設備のメンテナンス等を含めた設備のスケジュール、ロットの作業スケジュール等のスケジュールや、ロット、工程手順等を記憶格納する記憶部15と、を備えて構成されている。

【0049】また、作業着手制御部12は、設備群に到着したロットの設備での作業着手要求に対して、スケジューリング部13によって決定され予め確定しているロット作業予定スケジュールに基づいて、作業の実施を制御したり、ロット処理を完了した設備からの作業着手要求に対して、予め確定している設備スケジュールに基づいて次に実施する作業を制御する進捗制御手段121と、工程手順上連続する有限バッファ設備群に存在するロット毎に、該連続有限バッファ設備群での作業予定スケジュールを記憶部15に記憶管理するロットスケジュール管理手段1211と、連続有限バッファ設備群の設備毎に稼働停止予定スケジュールと、作業予定スケジュールを記憶部15に記憶管理する設備スケジュール管理手段1212と、有限バッファを有する設備群毎にバッファの利用予定スケジュールを記憶部15に記憶管理するバッファスケジュール管理手段1213と、を含んでいる。

【0050】更に、スケジューリング部13は、工程手順上連続する有限バッファ設備群の連続区間に入ってきたロットや、該連続区間内で、区間途中からの作業予定スケジュールが未定のロットに対して、設備遊休最小スケジューリング手段1311と、前工程設備スケジュール変更手段1312と、無期限滞留スケジューリング手段1313によって、該連続区間内で未定の作業スケジュールをすべて立案するか、もしくは途中で無期限滞留するスケジュールを立案する連続工程スケジューリング手段131と、各生産設備の遊休停止期間が最小になるような作業設備と作業時間を選ぶ、設備遊休最小スケジューリング手段1311と、前工程設備群での作業時間

区間を指定した時刻以降に実施できる作業時間区間に変更する、前工程設備スケジュール変更手段1312と、指定した設備群に無期限滞留させる、無期限滞留スケジューリング手段1313と、を含む。

【0051】更に、状態設定部14は、初期動作時に外部装置2より生産計画、生産ライン情報、仕掛ロット情報等を得て、各初期仕掛ロットに対する生産制御開始時刻以降のロットスケジュールタイムテーブルT1211や、設備毎の設備スケジュールタイムテーブルT1212や、バッファ毎のバッファスケジュールタイムテーブルT1213を立案設定して、生産制御実施の準備を行う、初期状態設定手段141と、設備での作業終了時に、実際のスケジュールと各予測スケジュールとの食い違い部分を、実際のスケジュールに従って訂正するスケジュール訂正手段142と、を含む。

【0052】なお、図1中に示される符号S1～S9は、入出力部11を通じて生産制御装置1と外部装置2との間で授受される信号の例を示し、このうち、S1は、生産制御装置が制御対象とする生産ラインの初期状態と、生産計画等のパラメータを通知する初期設定要求制御信号、S2は、当該生産制御装置1が制御対象とする工程手順上連続する、有限バッファ設備群連続区間内の各バッファへロットが到着したことを報告し、作業着手を要求するバッファ到着作業着手要求制御信号、S3は、該連続区間内の各設備群の設備での作業が完了したことを報告し、作業着手を要求する設備作業着手要求制御信号、S4は、該連続区間内において、設備作業スケジュールや、設備稼働停止予定スケジュール、バッファ利用スケジュール等の変更があったときに、外部装置2から通知される予定変更要求制御信号、S9は、生産ラインの状態や生産計画等の変更があったときに、外部装置2から通知される状態設定要求制御信号であり、これらは生産制御装置1への入力情報となる。

【0053】また、S5、S6、S7、S8は、生産制御装置1の出力情報となるもので、S5は、該連続区間内の各設備群に出される作業開始指示制御信号、S6は、該連続区間内の各設備群に出される作業開始保留制御信号、S7は、外部装置2への情報要求制御信号であり、S8は、予定変更要求制御信号S4の応答としての予定変更制御信号であり、装置外部に変更スケジュール内容を伝えるものである。

【0054】なお、入出力部11を通じて他の各種の情報が入出力されるが、図1では省略されている。

【0055】また、S10、S11、S12、S13、S20、S21は、生産制御装置1の構成要素間で授受される信号の例を示している。

【0056】S10は、入出力部11から進捗制御部12に対してロット作業の着手を要求する際に通知される作業着手要求制御信号、S11は、入出力部11からスケジューリング部13に対してロットの作業スケジュー

ル立案を要求する際に通知されるスケジューリング要求制御信号、S12は、スケジューリング部13からスケジュール立案が完了したことを作業着手制御部12の進捗制御手段12に通知するスケジューリング完了信号、S13は、進捗制御部121から作業進捗制御が完了したことを入出力部11に通知する進捗制御完了信号、S20は、生産制御パラメータの初期化設定を要求する際に、入出力部11から状態設定部14に対して通知される初期化要求制御信号、S21は、外部装置2から予測スケジュールの変更を要求された際に、状態設定部14 10 に対してスケジュールの訂正要求を通知するスケジュール訂正要求制御信号である。

【0057】以下、この実施形態に係る生産制御装置1の全体の動作および各部の機能を説明する。

【0058】まず、説明のために、図2に、生産制御装置1が制御対象とする、有限バッファ制約のある設備群を含む生産ラインの一例を示す。

【0059】図2を参照すると、この生産ラインは、設備群1、設備群2、…、設備群10(A)をもち、設備群1は、設備11、設備12、…、設備15を擁し、設備群2は、設備21、設備22、…、設備25を擁し、 20 同様に、設備群3、…、設備群10(A)はそれぞれ設備を5台擁している。

【0060】設備群1は、バッファ容量に制限のないバッファ1をもち、一方、設備群1以外の設備群は、有限バッファ制約のバッファ2、バッファ3、…、バッファ10をもつ。この生産ラインで生産される製品は、設備群1、設備群2、…、設備群10の順番に作業する工程を持ち、それぞれ工程1、工程2、…、工程10となる。

【0061】この生産ラインに投入されたロットは、上記工程手順の先頭工程の設備群、設備群1から同設備群に属する設備を用いて作業が開始され、該工程手順に従って、次々と作業が進められる。各設備群に到着したロットは一時的にバッファに蓄えられ、到着先の設備群が、(A)有限バッファ制約のない設備群であって、なおかつ、有限バッファ制約のある設備群の前工程設備群であるような設備群である場合、もしくは、(B)有限 30 バッファ制約のある設備群である場合、の前記条件

(A)、(B)いずれかを満たす場合には、生産制御装置1は、ロットのフロー制御を実行する。

【0062】図2において、上記条件(A)、(B)を満たす設備群について、条件(A)を満たす設備群は設備群1であり、条件(B)を満たす設備群は設備群2、3、…、設備群10となる。

【0063】次に本発明の実施の形態に係る生産制御装置1の初期動作を説明する。なお本発明の実施の形態に係る生産制御装置1は、動作開始時に状態設定部14の初期状態設定手段141により、制御対象となる生産ラインの情報として、生産ラインで処理されるロットの製 50

品情報、工程手順情報、工程情報、設備群・設備情報、バッファ情報、設備停止情報、設備での作業時間情報、設備のディスパッチングルール、設備の割り当てルール等の生産制御パラメータ、処理中、処理待ち状態、搬送中ロット等の仕掛情報、ロット投入計画等、の情報を外部装置2より入出力部11を介して得て、記憶部15に保管、管理する。

【0064】生産制御装置1の外部で管理されるこれらの生産情報が変化すると、その変化内容が、状態設備要求制御信号S9により生産制御装置1に伝えられ、記憶部15に格納される生産情報を常に新しい内容に更新する。

【0065】図3は、本発明の一実施例として、作業着手制御部12とスケジューリング部13がロット毎の有限バッファ工程の各設備群での作業進捗およびバッファへの到着時刻のスケジューリングに使用するロットスケジュールタイムテーブルT1211の一例を示す。

【0066】このようなロットスケジュールタイムテーブルT1211は、ロット毎に記憶部15に格納されている。図3にその内容の一例を示すロットスケジュールタイムテーブルT1211は、ロット名称LOT1234のロット情報から参照されている。

【0067】図3を参照すると、タイムテーブルT1211は、連続する有限バッファ設備群工程毎の工程名称、設備群名称、作業予定設備名称と、各工程設備への到着時刻と、開始時刻、解放時刻、終了時刻、とから構成されるレコードの集合である。

【0068】このロットタイムテーブルT1211の各工程レコードにおいて、「到着時刻」は、ロットのスケジュール立案時に、各工程設備群における各設備での標準的な設備拘束時間と標準的な作業時間とに基づいて計算した各工程への予測到着時刻を、「開始時刻」は、各工程の設備群で作業が開始される予測開始時間を、「解放時刻」は、各工程の設備群で作業が開始される予測解放時間を、「終了時刻」は、各工程の設備群での作業が終了する予測終了時刻を、それぞれ示しておる。

【0069】図3を参照して、例えばロットLOT1234の工程RG02、設備群RG2での作業予定は時刻6000に到着し、設備M20003により時刻6000に作業を開始し、時刻8000に設備を解放し、時刻9000に作業を終了することを示している。

【0070】図4は、本発明の一実施例として、設備の利用スケジュールを立案する際に使用する設備スケジュールタイムテーブルT1212の一例を示す。このような設備スケジュールタイムテーブルT1212は設備毎に記憶部15に格納されている。

【0071】図4を参照すると、設備スケジュールタイムテーブルT1212は、設備名称M20003の設備情報から参照されている。このタイムテーブルT1212は、開始時刻、解放時刻とから構成されるレコードの

集合である。

【0072】このタイムテーブルの各レコードにおいて、「開始時刻」は、設備停止や、設備での作業予測開始により、設備が利用できなくなることが予想される予測開始時刻を、「解放時刻」は、設備停止終了や、設備での作業予定開始により、設備が利用できなくなることが予想される予測開始時刻を、それぞれ示している。

【0073】図4を参照して、例えば設備M20003の該タイムテーブルT1212において、ロットLOT1234による、設備拘束開始時刻は6500、設備解放時刻は8000となることを示している。

【0074】図5は、本発明の一実施例として、有限バッファの利用スケジュールを立案する際に使用するバッファスケジュールタイムテーブルT1213の一例を示す。このようなバッファスケジュールタイムテーブルT1213はバッファ毎に記憶部15に格納されている。

【0075】図5を参照すると、バッファスケジュールタイムテーブルT1212は、設備群名称RG02の有限バッファ2(Stocke2)の情報から参照されている。このタイムテーブルT1213は時刻、滞留量とから構成されるレコードの集合である。

【0076】このタイムテーブルT1213の各レコードにおいて、「滞留量」は、バッファ内のロットの滞留量を、「時刻」は、バッファ内のロットの滞留量に変化する時刻を、それぞれ示している。

【0077】図5を参照して、例えば有限バッファStocke2の該タイムテーブルT1213において、ロットLOT1234による、滞留量変化時刻は6000であり、滞留量は2に変化することを示している。ここでは例を示すために時刻を制御開始時点からの経過表

数で表記しているが、表記法に特に制限はない。

【0078】次に、本発明の実施の形態に係る生産制御装置1の初期設定後の動作を説明する。本発明の実施の形態に係る生産制御装置1が制御対象とする生産ラインにおいては、制御対象となる設備群にロットが到着すると、到着ロットを収容したバッファもしくはバッファ制御装置たる外部装置2は、到着ロット作業開始信号S2を発生する。

【0079】また、制御対象となる設備群において設備での作業が完了し、該設備での作業が再び開始可能になると予想される時刻に、制御対象の設備、設備制御装置、設備群制御装置たる外部装置2は、設備作業開始要求信号S3を発生する。

【0080】そして、制御対象となる設備群において設備での作業が完了した時刻に、制御対象の設備、設備制御装置、設備群制御装置たる外部装置2は、予測したスケジュールと実際の作業スケジュールとを照らして、必要な場合には訂正するように予定訂正要求制御信号S4を発生する。

【0081】生産制御装置1が制御対象とする生産ライ

ンにおいては、生産制御装置1が、入出力部11を通じて外部装置2からの到着ロット作業着手要求信号S2を受け取ると、入出力部11を通じて、バッファ制御装置たる外部装置2から、到着ロットを収容したバッファ、該到着ロットと到着設備群、到着工程の情報を得て、該到着ロットの作業着手要求制御信号S10を発生し、進捗制御手段121によりロットのフロー制御を実行する。

【0082】また、生産制御装置1は、入出力部11を通じて、外部装置2からの設備作業開始要求信号S3を受け取ると、入出力部11を通じて設備制御装置たる外部装置2から作業開始要求があった設備情報を得て、該設備の設備群が、上記(A)、(B)のいずれかの条件を満たす場合、次に処理するロットを該設備の設備群バッファから、予め定められた該設備におけるディスパッチングルールに基づき、作業着手するロットを選択した上で、作業着手要求制御信号S10を発生し、進捗制御手段121により、該設備でロットの着手が許可されるか、設備群バッファ内のすべてのロットの作業着手が試みられるまで作業着手の試行を継続する。

【0083】また、生産制御装置1は、入出力部11を通じて外部装置2からの予定訂正要求信号S4を受け取ると、入出力部11を通じて設備制御装置たる外部装置2から作業訂正要求のあった設備情報、及び該設備で実施された実際の作業スケジュールを得る。さらにロットのロットスケジュールタイムテーブルT1211を記憶部15より得た後に、スケジュール訂正制御信号S21を発生する。

【0084】状態設定部14は、スケジュール訂正制御信号S21を受け取ると、スケジュール訂正手段142によって、該作業ロットの該設備での予測スケジュールを得て、実際に行われた作業スケジュールと比較する。

【0085】該ロットの現工程の実際の作業スケジュールが異なるために、次工程以降の予測作業スケジュールが変更される場合には、スケジュール訂正手段142は、まず、該ロットスケジュールタイムテーブルT1211を用いて、設備スケジュールタイムテーブルT1212と、バッファスケジュールタイムテーブルT1213における該ロットによるスケジュールを無効にする。次に、該ロットのロットスケジュールタイムテーブルT1211の次工程以降のスケジュールを無効にした後、次工程において、次工程到着時間以降無期限滞留する作業スケジュールを立案する。

【0086】スケジュール訂正手段142は、立案したスケジュールを、ロットスケジュール管理手段1211、設備スケジュール管理手段1212、バッファスケジュール管理手段1213により記憶部15に格納する。

【0087】図6は、本発明の実施の形態における進捗制御手段121の動作を説明するためのフローチャート

である。次に図1と図6を参照して、進捗制御手段121の動作を説明する。なお、F121-2、F121-21等は進捗制御手段121の処理ステップを示し、F121-21、F121-22は、F121-2における条件分岐処理を示している。

【0088】(F121-1)進捗制御手段121は、作業着手要求制御信号S10を受け取ると、作業着手要求ロットの工程設備群RG_iを求め(ステップ601)、該ロットの工程設備群RG_iが上記(A)の条件を満たすか否かを判定し(ステップ602)、条件(A)を満たす場合、該ロットに対し、スケジューリング要求制御信号S11を発生し、スケジューリング部13の連続工程スケジューリング手段131により、該ロットの作業予定スケジュールを立案する(ステップ603)。

【0089】スケジューリング部13はスケジューリング要求制御信号S11を受け取ると、連続工程スケジューリング手段131により、スケジューリングが要求されたロットと、ロットの工程、及び、以後連続する工程の情報を記憶部15より得て、該ロットの工程設備群RG_iから初めて有限バッファ制約のある設備群が続く間の設備群RG_iを順次参照しながら、作業スケジュールを得る。

【0090】(F121-2)また、進捗制御手段121は、該作業要求ロットの工程設備群RG_iが(B)の条件を満たす場合には(ステップ607のYes)、ロットスケジュール管理手段1211により作業スケジュールを記憶部15に管理する該ロットのロットスケジュールタイムテーブルT1211を得て、作業予定スケジュールの設定の有無を判定する(ステップ608)。

【0091】(F121-3)また、進捗制御手段121は、該作業要求ロットの工程設備群RG_iが(B)の条件を満たさない場合には(ステップ607のNo)、入出力部11より該ロットが制御対象でないことを外部装置2に通知して終了する。

【0092】(F121-21)該ロットのタイムテーブルが設定されていない場合(ステップ608のNo)、進捗制御手段121は、該ロットのスケジューリング要求制御信号S11を発生し、スケジューリング部13の連続工程スケジューリング手段131により、該ロットのスケジュールタイムテーブルT1211に作業予定スケジュールを立案を行う(ステップ603)。

【0093】(F121-211)実施可能スケジュールが得られた場合(ステップ604のYes)、入出力部11を介して作業着手指示制御信号S5を発生し(S12→S13→S5)、バッファ制御装置、設備群制御装置等の外部装置2に、該ロットの作業開始時刻を伝達する(ステップ605)。

【0094】(F121-212)実施可能スケジュールが得られなかった場合(ステップ604のNo)、入出力部11を介して作業未着手制御信号S6を発生し、

バッファ制御装置、設備群制御装置等の外部装置2に、該ロットの作業着手をしない(作業開始保留)ことを伝達する(ステップ606)。

【0095】(F121-22)該ロットのタイムテーブルが設定されている場合、ロットスケジュール管理手段1211は、図3に示したようなロットスケジュールタイムテーブルT1211を参照して、現工程設備群RG_iにおける滞留期間を求めて無期限滞留するかしないかを判定する(ステップ609)。

【0096】(F121-221)該ロットが設備群RG_iに無期限滞留しない場合(ステップ609のYes)、作業スケジュールを記憶部15から得て、入出力部11を介して作業着手制御信号S5を発生し、バッファ制御装置、設備群制御装置等の外部装置2に、該ロットの作業開始時刻を伝達する(ステップ605)。

【0097】(F121-222)該ロットが設備群RG_iに無期限滞留する場合(ステップ609のNo)、進捗制御手段121は、バッファスケジュール管理手段1213により、該ロットの現工程設備群RG_iでの無期限滞留を解除した後、該ロットのスケジューリング要求制御信号S11を発生し、連続工程スケジューリング手段131により該ロットの現工程設備群RG_i以降の作業スケジュールを立案する(ステップ603)。

【0098】設備群RG_i以降のスケジューリングができない場合、進捗制御手段121は、バッファスケジュール管理手段1213により、作業ロットを、再び設備群RG_iに無期限滞留するように設定した後、入出力部11を介して、作業開始保留制御信号S6を発生し(S13→S6)、バッファ制御装置、設備群制御装置等の外部装置2に、該ロットの作業着手をしないことを伝達する。

【0099】生産制御装置1より、作業開始指示制御信号S5を受け取った、設備、設備制御装置、設備群制御装置、バッファ、バッファ制御装置等の外部装置2は、生産制御装置1より送られてくる、作業ロット、作業設備、作業開始時刻、及び作業終了時刻等の情報に基づいて、各設備、装置の動作を制御する。また、生産制御装置1より作業開始保留制御信号S6を受け取った外部装置2は、次回まで作業着手を保留する。

【0100】図7は、本発明の実施の形態における連続工程スケジューリング手段131の動作を説明するためのフローチャートである。図1と図7を参照して、連続工程スケジューリング手段131の動作を説明する。

【0101】(F131-0)連続工程スケジューリング手段131は、スケジューリング要求制御信号11を受け取ると、スケジューリング要求が行われたロットについて、ロットの現工程の設備群RG_iを参照し、参照中の設備群RG_iの次工程設備群RG_{i+1}を求める(ステップ701)。

【0102】ロットの該設備群RG_iへの到着時刻t₀以

降に作業可能な設備と作業時間を求める(ステップ702)。

【0103】(F131-0-1)もし作業可能な設備がない場合(ステップ703のNo)、作業のスケジュール立案が不可能として(ステップ713)、連続工程スケジューリング手段131の処理を終了する。

【0104】(F131-0-2)作業可能な設備がある場合(ステップ703のYes)、作業工程での作業時間と、作業終了後から次工程到着までの所要時間の計算に必要な生産管理情報を記憶部15より得て、作業開始予定時刻 t_0 、作業終了予定時刻 t_1 と、次工程設備群 $i+1$ への到着予定時刻 t_2 を計算によって求める。 *

$$N_i(t_2) = \sum_{\forall j | a_{i,j} \leq t_2 < s_{i,j}} 1 \quad \dots(2)$$

【0107】で計算される、設備群 RG_i の待ちロット数 $N_i(t_2)$ を基に、次工程設備群 RG_{i+1} の作業待ちロット数 $N_{i+1}(t_2)$ が次工程設備群 RG_{i+1} の滞留期間中、常に、

$$S_{i+1} \geq N_{i+1}(t_2) \quad \dots(3)$$

を満たすかどうかを調べることによって立案可否を判定する。

【0108】立案可能ならば(ステップ705のYes)、その作業スケジュールを求め、次工程設備群 RG_{i+1} を参照設備群 RG_i として、次工程設備群 RG_{i+1} を参照設備群 RG_{i+1} として、(F131-1)冒頭から処理を再び実施する。このとき参照工程 RG_i が最終工程か、次工程設備群 RG_{i+1} が有限バッファ制約の無い設備群になったならば、連続スケジューリングを正常に終了する。

【0109】(F131-2)設備遊休最小スケジューリング手段1311によって、参照中の設備群 RG_i で該ロットについて作業スケジューリングの立案が不可能な場合は、前工程設備スケジュール変更手段1312により、参照中の設備群 RG_i の次工程設備群 RG_{i+1} のバッファを求め、次工程設備群 RG_{i+1} での作業が実施可能になる最も早い時刻に設備群 RG_{i+1} に到着するように設備群 RG_i の作業着手時刻を移動できるか判定を行い、移動可能ならばスケジュールを移動させ、次工程設備群 RG_{i+1} を参照設備群 RG_i として、次工程設備群 RG_{i+1} を参照設備群 RG_{i+1} としてから、(F131-1)冒頭、すなわち図7のステップ704から処理を再び実行する。このとき、参照設備群 RG_i が最終工程設備群か、次工程設備群 RG_{i+1} が有限バッファ制約の無い設備群になったならば(ステップ709のYes)、連続スケジューリングを正常に終了する(ステップ710)。

【0110】(F131-3)前工程設備スケジュール変更手段1312によって参照中の設備群 RG_i において該ロットについて作業スケジュールの変更が不可能な

*【0105】(F131-1)設備遊休最小スケジューリング手段1311により、該ロットの次工程設備群 RG_{i+1} への到着時刻 t_2 以降のバッファ滞留スケジュールの立案可否を判定する(ステップ704、705)。ロットの工程設備群 RG_i の次工程設備群 RG_{i+1} のバッファ容量を S_{i+1} 、作業着手判定ロットの次工程設備群 RG_{i+1} への到着予定時刻を t_2 とし、ロット j の設備群 RG_i への到着時刻を $a_{i,j}$ 、ロット j の設備群 RG_i での処理開始時刻を $s_{i,j}$ としたとき、

【0106】

【数2】

場合には(ステップ707のNo)、無期限滞留スケジュールリング手段1313により、参照中の設備群 RG_i で該ロットが到着時刻から無期限滞留できるか否かの判定を行い(ステップ711、712)、無期限滞留可能ならば(ステップ712のYes)、参照設備群 RG_i での該ロットの滞留期間を、上記ロット到着時刻から無期限に設定し、連続スケジューリング処理を正常に終了する。

【0111】(F131-4)無期限滞留スケジュールリング手段1313によって参照中の設備群 RG_i における該ロットの無期限滞留が不可能な場合には(ステップ712のYes)、連続工程スケジューリング手段131は、連続スケジューリング処理を立案失敗として終了する。

【0112】(F131-5)連続工程スケジューリング手段131が、(F131-1~4)の処理で連続スケジューリングを正常終了した場合、最後に、連続工程スケジューリング手段131は、作業要求ロット工程設備群から始めて参照設備群 RG_i まで立案した、作業スケジュールを該ロットの各工程での作業予定スケジュールとして、ロットスケジュール管理手段1211により記憶部15に登録するとともに、各工程設備群での作業設備の作業予定スケジュールとして、設備スケジュール管理手段1212により記憶部15に登録するとともに、各工程設備群有限バッファでのバッファ滞留予定スケジュールとして、バッファスケジュール管理手段1213により記憶部15に登録した上で、入出力部11を介して作業開始指示制御信号S5(S12→S13→S5)を発生し、該ロットの到着設備での作業開始時刻をバッファ制御装置、設備群制御装置等の外部装置2に作業着手指示を伝達する。

【0113】(F131-6)連続工程スケジューリング手段131が(F131-1~4)の処理で連続スケジューリングの立案処理を失敗した場合、入出力部11を介して作業開始保留信号S6を発生して外部装置2に

作業着手の保留を伝達する。

【0114】図8、図9、図10、図11、図12、及び図13は、本発明の一実施例として、連続工程スケジューリング手段131による工程手順上連続する有限バッファ設備群での作業スケジュール立案の例を示す。なお、図8及び図9、図10及び図11、図12及び図13はそれぞれ図面作成の都合で分図されたものである。

【0115】図8、図9、図10、図11、図12、及び図13では、設備群毎にバッファにおける待ちロットの数の時間推移グラフと、設備群の設備毎に、作業予定時間区間を白矩形で表現し、設備停止期間を灰矩形（ハッチング部）で表現したスケジュール表を縦方向に並べ、さらに、工程手順上連続する有限バッファ設備群について、工程手順に出現する順番に列挙している。図示したバッファ、設備の状態はロットスケジュール管理手段1211や、設備スケジュール手段1212や、バッファスケジュール管理手段1213とによって記憶部15に格納管理されている。

【0116】本発明の一実施例として、連続工程スケジューリング手段131による作業スケジュール立案方式を、図8、図9、図10、図11、図12、及び図13を用いて説明する。図8、図9、図10、図11、図12、及び図13は、前記条件（A）、（B）のいずれかを満たす設備群において、バッファにロットが到着した時、もしくは、あるロットについて作業開始要求があった時に、ロットの工程設備群以降に工程手順上連続する全ての有限バッファ設備群において行った、着手判定対象のロットの作業予測とバッファ滞留予測の結果を示している。

【0117】図8及び図9は、連続工程スケジューリング手段131によって、作業ロットのスケジュールを作成する際に、設備遊休最小スケジューリング手段1311もしくは前工程設備スケジューリング手段1312により、設備群R_{G1}からR_{G_{i-1}}まで連続する有限バッファ設備群のすべての作業スケジュールが立案されたことを模式的に示している。

【0118】図10及び図11は、連続工程スケジューリング手段131によって、作業ロットのスケジュールを作成する際に、設備遊休最小スケジューリング手段1311により設備群R_{G_i}のバッファ容量超過が原因で作業スケジュールが得られずに、その代わり前工程設備スケジューリング手段1312により、途中工程設備群R_{G_{i-1}}において該ロットを無期限滞留させるスケジュールが立案されたことを模式的に示している。

【0119】図8、図9、図10、及び図11に示すように、作業スケジュールが立案された場合、連続工程スケジューリング手段131は、立案された作業スケジュールをもとに、ロットスケジュール管理手段1211により、作業ロットの作業予定スケジュールを予約するとともに、設備スケジュール管理手段1212により、連

続する有限バッファ設備群において利用する設備とそのスケジュールを予約し、さらに、バッファスケジュール管理手段1213により、バッファのスケジュールを予約した上で、該ロットの現工程設備群での作業着手を実施する。

【0120】図12及び図13は、連続工程スケジューリング手段131によって、作業ロットのスケジュールを作成する際に、設備群R_{G_i}のバッファ容量超過が原因で作業スケジュールが得られなかったこと（全段立案不可能状態）を模式的に示している。

【0121】この場合は、前工程設備群でバッファ滞留ができないため、該ロットの現工程設備群R_{G_i}での作業着手は実施せずに、次の作業着手要求があるまで待つ。

【0122】このように、連続工程スケジューリング手段131は、本発明の実施の形態に係る生産制御装置の適用対象とする設備群において、作業対象ロットのスケジュール立案を行う際に、（E-1）作業工程上連続する有限バッファ設備群すべてについて実施可能な作業スケジュールを立案できる場合、の条件に加えて、（E-2）連続する有限バッファ設備群の途中まで実施可能な作業スケジュールを、途中工程で無期限滞留できるスケジュールを立案できる場合（なお、無期限滞留工程以降の連続有限バッファ設備群の作業スケジュールは、ロットが実際に無期限滞留設備群に到着した後に、スケジュール立案可能な状態になるのを待って立案する）、の条件が満たされるときにロットの作業着手を実施する。

【0123】次に、本発明の第2の実施の形態について説明する。まず、本発明の第2の実施の形態における、設備遊休最小スケジューリング手段1311の動作の一例を説明する。

【0124】図14、図15、及び図16は、設備遊休最小スケジューリング手段1311による、作業スケジュールの立案の一例を示す。また、図17は設備スケジューリング手段1311の動作を説明するためのフローチャートを示している。

【0125】次に作業スケジューリングの概略を説明する。設備遊休最小スケジューリング手段1311は、設備群i、作業ロットについて、次の（F1311-1～12）の処理を行う。

【0126】（F1311-1）次工程での作業時間の計算に必要な生産管理情報を記憶部15より得て、次工程設備群i+1での作業時間を求めて、設備スケジュール管理手段1212により、次工程設備群i+1の各作業設備の稼働履歴と照らし合わせながら、次工程作業終了時刻まで利用できる、次工程の作業予定時間帯（t_j、t_i）（図14参照）と設備を探索する（図17のステップ1401）。

【0127】（F1311-2）利用可能な設備が存在する場合に（図17のステップ1402）、利用可能な

設備が複数存在する時には、例えば、最も早く作業に着手できる設備を優先して選択する等の規制を適用して利用設備を選択する。

【0128】(F1311-3) 利用可能な設備が存在しない場合は、着手要求のあったロットの次工程設備群到着予定時刻 t_i を得て、次工程設備群で作業着手が可能になる次工程作業開始時刻 t_j 、次工程作業終了予定時刻 t_k 、作業設備と作業予定時間帯(t_j 、 t_k)を求める。

【0129】(F1311-4) バッファスケジュール管理手段1213により、到着時刻から作業開始予定時刻までの作業待ち時間帯(t_i 、 t_j)について着手要求のあったロットの次工程設備群 $i+1$ バッファの推移履歴を得る。

【0130】(F1311-5) 次工程設備群 $i+1$ のバッファ内ロット数が最大容量を超えないか判定する(ステップ1404)。

【0131】(F1311-6) バッファ内ロットが最大容量を超える場合(ステップ1404のNo)、作業のスケジュール立案が不可能として、設備遊休最小スケジューリング手段1311の処理を終了する(ステップ1408)。

【0132】(F1311-7) バッファ内ロット数が最大容量を超えない場合(ステップ1404のYes)、以上のようにして求めた利用可能な次工程作業設備について稼働履歴に作業履歴(t_j 、 t_k)を加える(ステップ1405)。

【0133】(F1311-8) バッファスケジュール管理手段1213により着手要求のあったロットの次工程設備群 $i+1$ のバッファに関して、作業待ち時間帯(t_i 、 t_j)の容量履歴を更新した上で、設備スケジュール管理手段1212により、次工程設備群 $i+1$ の利用可能な作業設備の稼働履歴に作業予定時間帯を加える(ステップ1406)。作業のスケジュール立案が可能として、設備遊休最小スケジューリング手段1311の処理を終了する(ステップ1407)。

【0134】図14において、(F131-0)は、連続工程スケジューリング手段131により、設備群 R_{G_i} で即着手可能な設備3を求めたことを示しており、(F1311-0-2)は、設備群 R_{G_i} での作業終了時刻と、次工程設備群 $R_{G_{i+1}}$ への到着時刻 t_i の計算結果を示している。

【0135】また、(F1311-1)は、次工程設備群 $R_{G_{i+1}}$ で利用可能な設備と、同設備の作業空き時間帯の探索処理を示しており、(F1311-2)は、利用可能な設備が設備1から設備5であることを示しており、上記複数利用設備からの利用可能設備の選択の結果設備3が選択されたことを示している。

【0136】図15において、(F1311-3)は、次工程設備群 $R_{G_{i+1}}$ への到着時刻より後の時刻での利

用可能な全設備と作業時間、選択された設備1と作業可能時間区間を示しており、(F1311-4)、(F1311-5)は、次工程設備群 $R_{G_{i+1}}$ のバッファが最大容量を超えないことを示しており、(F1311-7)は、次工程設備群 $R_{G_{i+1}}$ の設備1の作業を予約することを示しており、(F1311-8)は、次工程設備群 $R_{G_{i+1}}$ のバッファが最大容量を超えないことを示している。

【0137】また、図16において、(F1311-6)は、次工程設備群 $R_{G_{i+1}}$ への到着時刻 t_i において、同設備群 $R_{G_{i+1}}$ のバッファ容量が超えたため、設備群 R_{G_i} での作業を行わない場合を示している。

【0138】次に、本発明の第2の実施の形態における、前工程設備スケジュール変更手段1312の動作の例を、図18と図19を参照して説明する。図18は、前工程設備スケジュール変更手段1312による前工程設備群の作業スケジュールの変更処理の一例を模式的に示した図である。図19は、前工程設備スケジュール変更手段1312の動作を説明するためのフローチャートである。

【0139】設備スケジューリング手段1311により、処理(F1311-8)において次工程設備群 $R_{G_{i+1}}$ のバッファ容量を超えてしまい設備群 R_{G_i} での作業着手が実施されない場合、前工程設備スケジュール変更手段1312は、次の(F1312-1~F1312-6)の処理を行う。

【0140】(F1312-1) 設備群 R_{G_i} での作業着手後に、次工程設備群 $R_{G_{i+1}}$ のバッファに滞留することなく、即作業着手できる設備とその作業開始時刻 $t_{j'}$ を早い時刻順に求める(図19のステップ1601)。

【0141】(F1312-2) 即作業着手可能な設備が存在しなければ(ステップ1602のNo)、前工程設備スケジュールの変更が不可能として、前工程設備スケジュール手段1312の処理を終了する(ステップ1605)。

【0142】(F1312-3) 即着手可能な設備がある場合(ステップ1602のYes)、次工程設備群 $R_{G_{i+1}}$ へ $t_{j'}$ に到着できるように、設備群 R_{G_i} での設備作業開始時刻 $t_{i'}$ と $t_{j'}$ と作業可能設備を求める(ステップ1603)。

【0143】(F1312-4) 作業ロットの設備群 i への到着時刻 t_i から設備群 R_{G_i} での作業着手開始時刻 $t_{i'}$ までのロット滞留期間中に、設備群 R_{G_i} のバッファがバッファ最大容量を超えないか判定する(ステップ1604)。

【0144】(F1312-5) バッファ容量を超えない場合(ステップ1604のYes)、これまでに求めた設備群 R_{G_i} と設備群 $R_{G_{i+1}}$ での作業スケジュールを有効とする(ステップ1605)。

【0145】(F1312-6)バッファ容量を超えてしまう場合(ステップ1604のNo)、設備群RG_{i,j}以降の作業スケジュール立案を停止する。

【0146】図18において、(F1312-1)は、設備群RG_{i,j}で滞留無しで着手できる時刻t₁'を示しており、(F1312-2)は、時刻t₁'に即着手可能な設備を示しており、(F1312-3)は、設備群RG_iでの作業時刻t₁'と終了時刻t₁'を示しており、(F1312-4)は、設備群RG_iでのロット滞留期間のチェックを示しており、(F1312-5)は、設備群RG_iでのロット滞留期間チェックの結果、滞留期間中バッファ内のロット数がバッファ最大容量以内になり、滞留可能であることを示している。

【0147】次に、本発明の第3の実施の形態として、無期限滞留スケジューリング手段1313の動作について、図20と図21を参照して説明する。図20は、無期限滞留スケジューリング手段1313による設備群での無期限滞留スケジュール立案処理の一例を模式的に示す図である。図21は、無期限滞留スケジューリング手段1313の動作の一例を説明するフローチャートである。

【0148】無期限滞留スケジューリング手段1313は、設備群iでのロット作業のスケジュールを立案する際に、次の(F1313-1~22)の処理を行う。

【0149】(F1313-1)設備群RG_{i,j}での待ちロット数がバッファ容量を超えたため設備RG_iでのロットの作業スケジュールが立案できない場合や、前工程設備遊休最小スケジューリング手段1312によって、設備群RG_iでの作業着手を遅らせることができず、設備RG_iでのロットの作業スケジュールが立案できない場合に、無期限滞留スケジューリング手段1313は、その作業ロットについて、(F1313-2)設備群RG_iへの到着時刻から無期限で設備群RG_iのバッファに滞留できるか判定する(図21のステップ1801)。

【0150】(F1313-21)バッファに滞留可能な場合(ステップ1801のYes)、設備群RG_iへの到着時刻から無期限滞留するスケジュールを立案し、設備群RG_{i,j}以降の作業スケジュールリングを行わずに作業スケジュール立案を完了する(ステップ1802、1803)。

【0151】(F1313-22)バッファに滞留できない場合(ステップ1801のNo)、作業ロットの設備群RG_iでの作業着手を行わない(ステップ1804)。

【0152】図20において、(F1313-1)は、設備群RG_iでの作業着手により設備群RG_{i,j}での待ちロット数がバッファ容量を超えることを示しており、

(F1313-2)は、設備群RG_iでの作業ロットの到着時刻を求めて無期限滞留の判定をしていることを示

しており、(F1313-21)は、設備群RG_iで無期限滞留が可能であることを示している。

【0153】生産情報の更新後、入出力部11は、仕掛スケジュール初期化要求制御信号20を発行する。

【0154】次に本発明の第3の実施の形態について説明する。本発明の第3の実施例に係る生産制御装置1は、状態設定部14に初期仕掛状態設備手段141を含む。

【0155】生産制御装置1は初期設定完了後に、入出力部11により仕掛スケジュール初期化要求制御信号20を発生する。

【0156】状態設備部14は、仕掛スケジュール初期化要求制御信号20を受け取ると、初期状態設定手段141により生産制御の対象となる前記条件(A)、

(B)を満たす設備群と設備とバッファの情報を列挙し、それぞれを管理する外部装置の情報を得た後、管理対象となる設備で処理中の仕掛ロット情報を得る。

【0157】初期状態設定手段141は、これらロットについて、スケジューリング部13の連続工程スケジューリング手段131により、現仕掛工程以降の、ロット毎の作業スケジュール、設備毎の利用スケジュール、バッファ毎の利用スケジュールを立案し、それぞれ、ロットスケジュールタイムテーブルT1211、設備スケジュールタイムテーブルT1212、バッファスケジュールタイムテーブルT1213として記憶部15に登録する。

【0158】次に生産制御装置1は、管理対象となるバッファで処理待ち状態にある仕掛ロット情報を得る。同様にして、これらロットに関して、スケジューリング部13の連続工程スケジューリング手段131により、現仕掛工程以降のロットスケジュールタイムテーブルT1211、設備スケジュールタイムテーブルT1212、バッファスケジュールタイムテーブルT1213を立案し記憶部15に登録する。

【0159】上記処理により計画立案ができなかったロットに関しては、該ロットの現仕掛工程にその到着時刻から無期限滞留するスケジュールをロットスケジュールタイムテーブルT1211、バッファスケジュールタイムテーブルT1213として立案し記憶部15に登録する。

【0160】以上のように、本発明の第3の実施の形態に係る生産制御装置1は、初期状態設定手段141により動作開始時に初期仕掛ロットに関する作業予定スケジュールリングを行い、記憶部15へのロットスケジュールタイムテーブルT1211、設備スケジュールタイムテーブルT1212、およびバッファスケジュールタイムテーブルT1213の登録を行う。といった初期動作を行うものである。

【0161】次に、本発明の第4の実施の形態について説明する。本発明の第4の実施の形態に係る生産制御

装置1は、連続工程スケジューリング手段131が、前記(F131-1)、(F131-2)の処理で各工程において、ロットスケジュールT1211、設備スケジュールT1212、バッファスケジュールT1213のそれぞれを立案する都度、上記各スケジュールを登録して記憶管理するとともに、また、(F131-2)の処理でスケジュールの部分的変更、(F131-3)の処理でスケジュールの無効化をする都度、ロットスケジュールT1211、設備スケジュールT1212、バッファスケジュールT1213の上記各スケジュールを無効化して管理しながら、連続する工程のスケジューリングを行うものである。

【0162】以上のように、本発明の第4の実施の形態の生産制御装置1は、ロットスケジュール、設備スケジュール、バッファスケジュールのそれぞれについて、各工程のスケジュールが立案される場合や、変更が行われる場合や、無効化が行われる度に、設備、バッファのスケジュールを立案する際に利用するスケジュール記憶部に登録管理することで、ジョブショップラインの連続工程スケジューリングを実施する。

【0163】

【実施例】次に本発明の実施の形態の具体的な効果について示すために、図2に示した生産ラインモデルに対して、本発明の実施の形態に係る生産制御装置1の予測制御を適用したシミュレーション結果を実施例として示す。

【0164】図22、図23、図24の各図では工程手順の順番に上から下に向かって設備群を列挙している。

【0165】まず、各設備群毎に設備群のバッファ内の待ちロット数の時間推移を破線(w1~wA)で示し、待ちロット数と前工程作業ロット数の和の時間推移を実線(g1~gA)で示している。

【0166】実線(g1~gA)の右上肩には、待ちロット数の最大値と、待ちロット数と前工程作業中ロットの和の最大値を順番に表示している。

【0167】引き続いて、設備毎に作業履歴を作業予定時間区間を黒色の矩形で列挙している。ここでは、作業時間が時間表示スケールと比較して小さいため、作業が行われた時間帯が黒く塗りつぶされた状態で表示している。

【0168】この例では、有限バッファ制御される設備群は10設備群ほど連続しており、設備群RG02以降のバッファは最大容量10として有限バッファ制御が適用される。

【0169】ロットは定間隔で設備群RG01に投入され、ロットは直ちに処理できない場合には、RG01のバッファに滞留させ、作業が開始できるようになるまで待つ。そのため、RG01のバッファに滞留するロットの数は生産ライン全体のスループットの高低を直接反映している。つまり、RG01のバッファに滞留するロ

ットの数により、適用する生産制御のスループット評価ができる。

【0170】図22は、予測工程が1工程先までの場合の、本発明に係る生産制御装置によるフロー制御を適用したシミュレーション結果を示している。同様に、図23は予測工程が3工程先までの場合のフロー制御結果を示し、図24は予測工程が10工程先の場合のフロー制御結果を示している。

【0171】図22の設備群RG03、RG05、RG07、RG09のバッファ推移を見ると、ある時点でバッファ最大容量である10ロットを超えてしまい、目的とする生産制御ができないことがわかる。

【0172】また、図23の設備群RG05、RG09のバッファ推移を見ると、設備群RG02からRG04まで、設備群RG06からRG08までとRGAのバッファの推移をバッファ最大容量以内におさえられているが、設備群RG5、RG9では、バッファ最大容量10を超えていることがわかる。

【0173】一方、図24を見ると、全ての設備群のバッファが最大容量10ロット以内におさえられている。

【0174】図22、図23に示す実験結果は、上記特願平6-320310号明細書に示されている従来技術や、上記文献⁽⁴⁾(「バッファ容量を考慮したスケジューリング問題のモデル化手法」)に示された従来技術に見られるように、タイムラグを解消するように作業着手の制御を行う場合に、後工程方向に向かって仕掛を予測していく設備群の数が工程上連続する有限バッファ設備群の数に満たないと、目的とする生産制御が機能せず、本発明の生産制御方式によりはじめて、有限バッファ設備群での生産制御が有効に機能することを端的に示している。

【0175】また、図25は、比較例として、図2に示したシミュレーションモデルを用いて、上記特願平6-320310号明細書で「従来の技術」として示されている従来のフロー制御を適用したシミュレーション結果を示す。

【0176】図25と図23との結果を比較すると、図25においては、設備群RG01での滞留ロット数が、図23のものよりも多くなることを示しており、本発明に係る生産制御装置による生産制御のスループットが相対的に高く、効率的な生産制御が行われていることを端的に示している。

【0177】次に上記本発明の実施の形態の別の作用効果を示すために、例えば、図2に示した生産ラインモデルに対して本生産制御装置1の予測制御を適用したシミュレーション結果を示す。

【0178】図26は、本発明の実施の形態におけるロットスケジュール管理手段1211において、前記(E-1)に示す場合のみ作業着手を実施した際の生産制御シミュレーション結果の一例である。

10

20

30

40

50

【0179】また、図24は、本発明の実施の形態におけるロットスケジュール管理手段1211において、前記(E-1)および(E-2)に示す場合に作業着手を実施した際の生産制御シミュレーション結果の一例である。

【0180】図24と図26において、設備群RG2からRGA(RG10)までの設備群のバッファ中のロット数推移を比較すると、例えば図26においては、RG2の時刻14Hour(時間)過ぎの状態に示すように、設備が稼働しない時間帯が目立ち、バッファにおける待ちロットの数が少なく、生産設備や、バッファが有効活用されずに推移している。

【0181】結果として、RG3以降の設備群のバッファも同様にして設備やバッファが有効活用されず作業進捗が進んでいないことが示されている。また、その結果、設備群RG1のバッファ内の待ちロット数も多くなりライン全体のスループットすなわち生産効率が落ちていることが示されている。

【0182】これは、連続する有限バッファ設備群において、「従来技術」に示されているスケジューリング方策を用いても、本発明の実施の形態に係る生産制御装置による図24に示すような、効率のよい生産制御が実施できないことを示しており、本発明の実施の形態に係る生産制御装置により、はじめて、有限バッファ設備群での生産制御が有効に機能することを示している。

【0183】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば下記記載の効果を奏する。

【0184】本発明の第1の効果は、有限バッファを有する設備群での作業待ちロットの数が有限バッファの最大容量を超えないように着手制御することができる、ということである。

【0185】その理由は、本発明においては、バッファに存在するロットを即着手した場合の工程手順上連続する有限バッファを有する各設備群(「連続ブロック」という)での作業時間を、作業着手制御部、スケジューリング部で管理している連続ブロック内の設備群の設備およびバッファの現在および将来の状況に照らして、連続する工程順に予測を行い、ロットを即着手した場合に、連続ブロック内の各設備群で作業待ちが生じないことを確認してから、作業予測時間を基にしたロットの作業着手を実施するため、である。

【0186】また、本発明の第2の効果は、バッファ容量制約のあるラインにおいて、設備、バッファ等の生産のためのリソースを有効活用し生産ラインの生産効率を高めることができる、ということである。

【0187】その理由は、本発明の生産制御装置が適用対象とする設備群において、作業対象ロットのスケジュール立案を行う際に、(E-1)作業工程上連続する有限バッファ設備群すべてについて実施可能な作業スケジ

ュールを立案できる場合、の条件に加えて、(E-2)連続する有限バッファ設備群の途中まで実施可能な作業スケジュールを、途中工程で無期限滞留できるスケジュールを立案できる場合(なお、無期限滞留工程以降の連続有限バッファ設備群の作業スケジュールは、ロットが実際に無期限滞留設備群に到着した後に、スケジュール立案可能な状態になるのを待って立案する)、の条件が満たされるときに、ロットの作業着手を実施するため、である。

10 【0188】また本発明の第3の効果は、連続する有限バッファ設備群の全体を視野に入れた作業スケジュール立案と、これに基づく作業着手が行われ、ロットフローのデッドロックが発生する原因となる作業ロットの無期限停滞の連鎖による作業停滞を防ぐことができる、ということである。

【0189】その理由は、本発明の生産制御装置の適用対象とする設備群において、上記(E-1)もしくは、(E-2)の2つに限ってロットの作業着手制御を実施する、ように構成したことによる。

20 【0190】本発明の第4の効果として、生産制御装置の動作開始時に、制御対象の生産設備で処理中もしくは、処理待ち中の、搬送中のロットが存在する場合に、該ロットに対する以後の生産制御のために必要な予測スケジューリングを実施することにより、上記状態にある生産システムの生産制御を実現することができる、ということである。

【0191】また本発明の第5の効果は、有限バッファ設備群が連続区間に、同じ設備群が2回以上出現する生産ラインでの作業スケジュールリング時に、設備、バッファの重複利用を避けることができ、結果として本生産制御装置をジョブショップ型生産ラインに適用することができる、ということである。

【0192】その理由は、本発明においては、各工程の作業スケジュールリングの際に逐次立案したスケジュールを登録管理し、また、スケジュールの変更、無効化の際に逐次スケジュールの変更、無効化を実施し、スケジュール管理部分に反映する、ように構成したことによる。

【図面の簡単な説明】

40 【図1】本発明の生産制御装置の一実施例の構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の一実施例の動作説明に使用する生産システムの一例を示す図である。

【図3】本発明の一実施例を説明するための図であり、作業着手制御部とスケジューリング部がロット毎の有限バッファ工程の各設備群での作業進捗およびバッファへの到着時刻のスケジューリングに使用するロットスケジュールタイムテーブルT1211の一例を示す図である。

50 【図4】本発明の一実施例を説明するための図であり、設備の利用スケジュールを立案する際に使用する設備ス

スケジュールタイムテーブルT1212の一例を示す図である。

【図5】本発明の一実施例を説明するための図であり、有限バッファの利用スケジュールを立案する際に使用するバッファスケジュールタイムテーブルT1213の一例を示す図である。

【図6】本発明の一実施例における進捗制御手段の動作を説明するためのフローチャートを示す図である。

【図7】本発明の一実施例における連続工程スケジューリング手段の動作を説明するフローチャートを示す図である。

【図8】本発明の一実施例を説明するための図であり、連続工程スケジューリング手段による作業スケジュールの立案処理過程の一例で、連続工程スケジューリング手段によって作業ロットのスケジュールを作成する際に、設備遊休最小スケジューリング手段もしくは前工程設備スケジューリング手段により、設備群 R_{G_i} から $R_{G_{i+1}}$ まで連続する有限バッファ設備群のすべての作業スケジュールが立案されたことを模式的に示す図である。

【図9】本発明の一実施例を説明するための図であり、連続工程スケジューリング手段による作業スケジュールの立案処理過程の一例で、連続工程スケジューリング手段によって作業ロットのスケジュールを作成する際に、設備遊休最小スケジューリング手段もしくは前工程設備スケジューリング手段により、設備群 R_{G_i} から $R_{G_{i+1}}$ まで連続する有限バッファ設備群のすべての作業スケジュールが立案されたことを模式的に示す図である。

【図10】本発明の一実施例を説明するための図であり、連続工程スケジューリング手段による作業スケジュールの立案処理過程の一例で、連続工程スケジューリング手段によって作業ロットのスケジュールを作成する際に、設備遊休最小スケジューリング手段により設備群 $R_{G_{i+1}}$ のバッファ容量超過が原因で作業スケジュールが得られずに、その代わり前工程設備スケジューリング手段により、途中工程設備群 $R_{G_{i+1}}$ において該ロットを無期限滞留させるスケジュールが立案されたことを模式的に示す図である。

【図11】本発明の一実施例を説明するための図であり、連続工程スケジューリング手段による作業スケジュールの立案処理過程の一例で、連続工程スケジューリング手段によって作業ロットのスケジュールを作成する際に、設備遊休最小スケジューリング手段により設備群 $R_{G_{i+1}}$ のバッファ容量超過が原因で作業スケジュールが得られずに、その代わり前工程設備スケジューリング手段により、途中工程設備群 $R_{G_{i+1}}$ において該ロットを無期限滞留させるスケジュールが立案されたことを模式的に示す図である。

【図12】本発明の一実施例を説明するための図であり、連続工程スケジューリング手段による作業スケジュールの立案処理過程の一例で、連続工程スケジューリン

グ手段によって作業ロットのスケジュールを作成する際に、 $R_{G_{i+1}}$ のバッファ容量超過が原因で作業スケジュールが得られなかったことを模式的に示す図である。

【図13】本発明の一実施例を説明するための図であり、連続工程スケジューリング手段による作業スケジュールの立案処理過程の一例で、連続工程スケジューリング手段によって作業ロットのスケジュールを作成する際に、 $R_{G_{i+1}}$ のバッファ容量超過が原因で作業スケジュールが得られなかったことを模式的に示す図である。

【図14】本発明の一実施例を説明するための図であり、設備遊休最小スケジューリング手段による作業スケジュールの立案処理過程の一例で、連続工程スケジューリング手段により設備群 R_{G_i} で即着手可能な設備3を求め、設備群 R_{G_i} での作業終了時刻と次工程設備群 $R_{G_{i+1}}$ への到着時刻 t_2 を計算した後、次工程設備群 $R_{G_{i+1}}$ で利用可能な設備と、同設備の作業空き時間帯の探索を行い利用可能な設備が設備1から設備5となって、上記複数利用設備からの利用可能設備の選択の結果設備3が選択されたことを模式的に示す図である。

【図15】本発明の一実施例を説明するための図であり、設備遊休最小スケジューリング手段による作業スケジュールの立案処理過程の一例で、次工程設備群 $R_{G_{i+1}}$ への到着時刻より後の時刻での利用可能な全設備と作業時間、選択された設備1と作業可能時間区間を示しており、次工程設備群 $R_{G_{i+1}}$ のバッファが最大容量を超えないことを示しており、次工程設備群 $R_{G_{i+1}}$ の設備1の作業を予約することを示しており、次工程設備群 $R_{G_{i+1}}$ のバッファが最大容量を超えないことを模式的に示す図である。

【図16】本発明の一実施例を説明するための図であり、設備遊休最小スケジューリング手段による作業スケジュールの立案処理過程の一例で、次工程設備群 $R_{G_{i+1}}$ への到着時刻 t_2 において、設備群 $R_{G_{i+1}}$ のバッファ容量が超えたため設備群 R_{G_i} での作業を行わない場合を模式的に示す図である。

【図17】本発明の一実施例における設備スケジューリング手段の動作を説明するためのフローチャートを示す図である。

【図18】本発明の一実施例を説明するための図であり、前工程設備スケジュール変更手段1312による前工程設備群の作業スケジュールの変更処理の一例を模式的に示した図である。前工程設備スケジュール変更手段による前工程設備群の作業スケジュールの変更処理過程の一例で、設備群 $R_{G_{i+1}}$ で滞留無しで着手できる時刻 t_2' に即着手可能な設備を求めた後、設備群 R_{G_i} での作業開始時刻 t_0' と終了時刻 t_1' を求めて、設備群 R_{G_i} でのロット滞留期間のチェックを行った結果、滞留期間中バッファ内のロット数がバッファ最大容量以内になり滞留可能であることを模式的に示す図である。

【図19】本発明の一実施例における前工程設備スケジ

ジュール変更手段の動作を説明するためのフローチャートを示す図である。

【図20】本発明の一実施例を説明するための図であり、無期限滞留スケジューリング手段による設備群での無期限滞留スケジュール立案過程の一例で、設備群RG_iでの作業着手により設備群RG_{i+1}での待ちロット数がバッファ容量を超えたため、設備群RG_iでの作業ロットの到着時刻を求めて無期限滞留の判定をした結果、設備群RG_iで無期限滞留が可能なることを模式的に示した図である。

【図21】本発明の一実施例における無期限滞留スケジューリング手段の動作を説明するためのフローチャートを示す図である。

【図22】図2に示したシミュレーションモデルを用いて、予測工程が1工程先までの場合の本発明の生産制御装置によるフロー制御を適用したシミュレーション結果を示す図である。

【図23】図2に示したシミュレーションモデルを用いて、予測工程が3工程先までの場合の本発明の生産制御装置によるフロー制御を適用したシミュレーション結果を示す図である。

【図24】図2に示したシミュレーションモデルを用いて、予測工程が10工程先までの場合の本発明の生産制御装置によるフロー制御を適用したシミュレーション結果を示す図である。

【図25】比較例として、図2に示したシミュレーションモデルを用いて、特願平6-320310号明細書で「従来の技術」として示されている従来のフロー制御を適用したシミュレーション結果を示す図である。

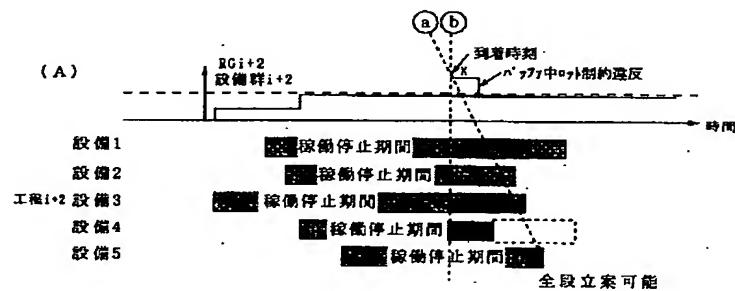
【図26】図2に示したシミュレーションモデルを用いて、ロットスケジュール管理手段において、作業工程上連続する有限バッファ設備群すべてについて実施可能な作業スケジュールを立案できる場合のみ作業着手を実施するスケジューリングを行った場合のシミュレーション*

* 結果を示す図である。

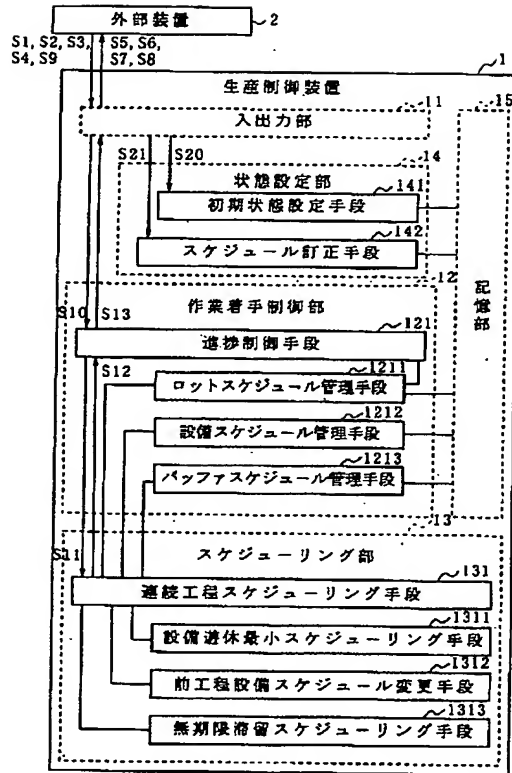
【符号の説明】

- 1 生産制御装置
- 2 外部装置
- 11 入出力部
- 12 作業着手制御部
- 13 スケジューリング部
- 14 状態設定部
- 15 記憶部
- 10 121 進捗制御手段
- 131 連続工程スケジューリング手段
- 141 初期状態設定手段
- 142 スケジュール設定手段
- 1211 ロットスケジュール管理手段
- 1212 設備スケジュール管理手段
- 1213 バッファスケジュール管理手段
- 1311 設備遊休最小スケジューリング手段
- 1312 前工程設備スケジューリング手段
- 1313 無期限滞留スケジューリング手段
- 20 S1 初期設定要求制御信号
- S2 到着作業着手要求制御信号
- S3 設備作業着手要求制御信号
- S4 予定変更要求制御信号
- S5 作業開始指示制御信号
- S6 作業開始保留制御信号
- S7 情報要求制御信号
- S8 予定変更完了信号
- S9 状態設定要求制御信号
- S10 作業着手要求制御信号
- 30 S11 スケジューリング要求制御信号
- S12 スケジューリング完了信号
- S13 進捗制御完了信号
- S20 初期化要求制御信号
- S21 スケジュール訂正要求制御信号

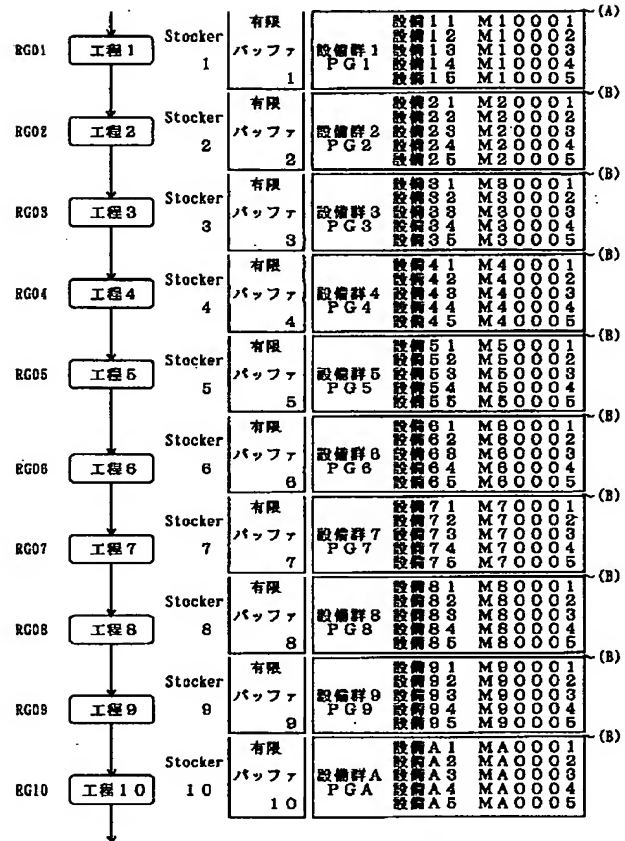
【図1.3】



【図1】



【図2】



【図3】

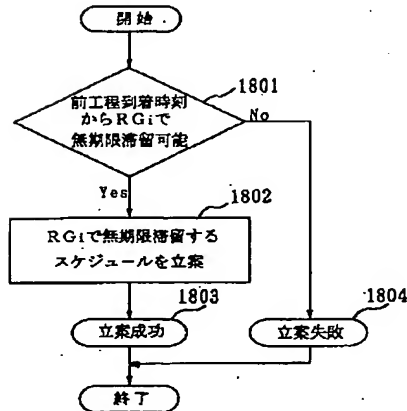
LOT1234

ロットスケジュールタイムテーブル T1211

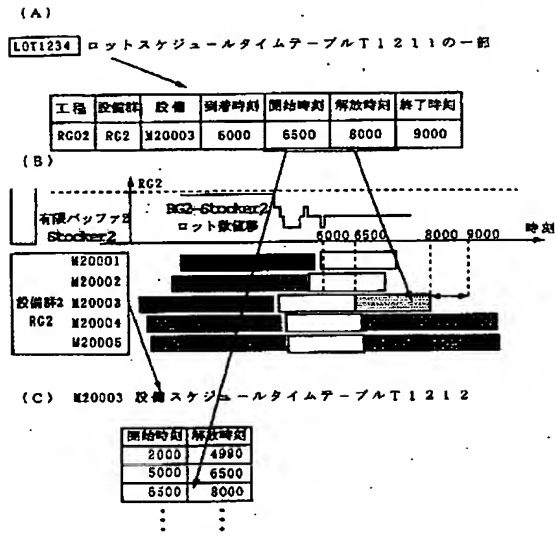
工程	設備群	設備	到着時刻	開始時刻	解放時刻	終了時刻
RG01	RG1	M10001	0	1000	5000	5000
RG02	RG2	M20003	6000	6500	8000	9000
RG03	RG3	M30002	9100	9200	10000	10100
RG04	RG4	M40002	10200	11000	11500	11900
RG05	RG5	M50005	11900	12000	14000	14000
RG06	RG6	M60003	14100	14100	21000	23000
RG07	RG7	M70001	23000	23100	23200	23200
RG08	RG8	M80004	23200	23700	24800	24800
RG09	RG9	M90005	25000	30000	31000	31000
RG0A	RG A	MA0004	31200	32000	33000	34000

スケジュール立案を始めた工程から
有限パッファ設備群が続く間、立案する

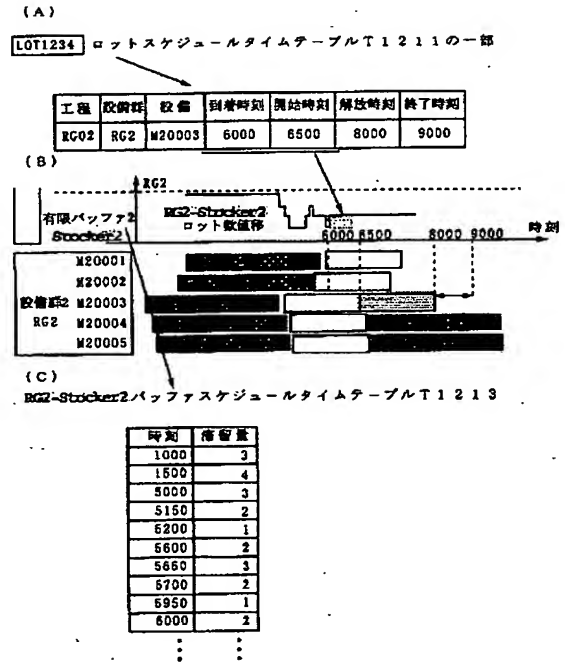
【図21】



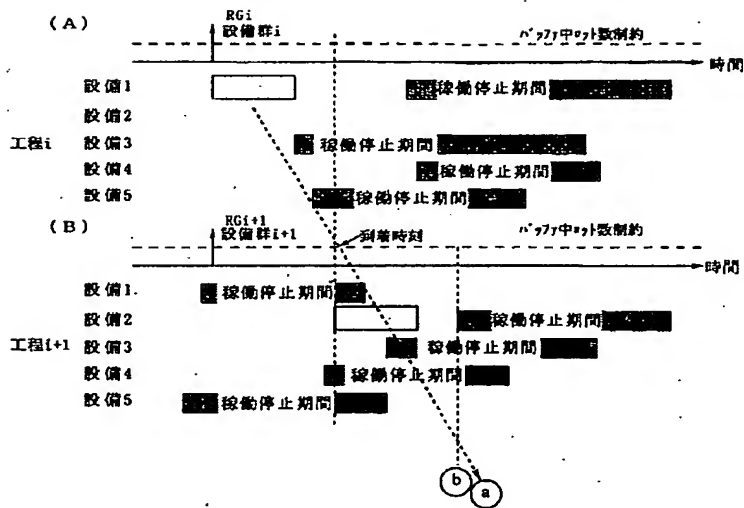
【図4】



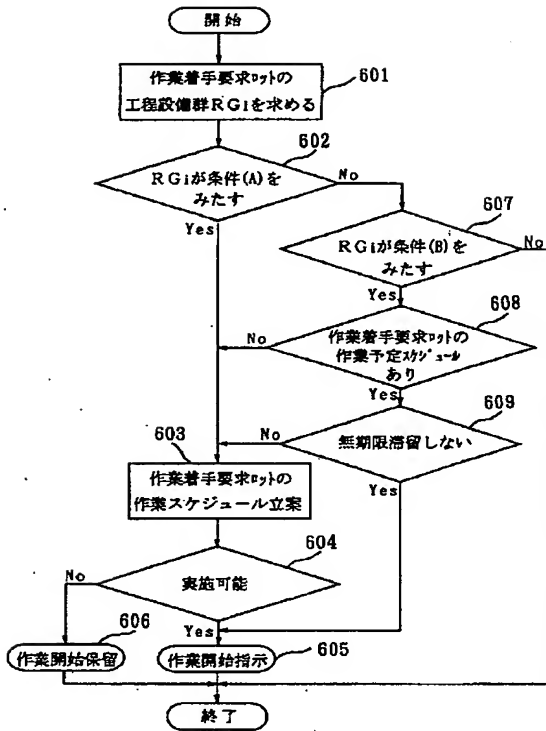
【図5】



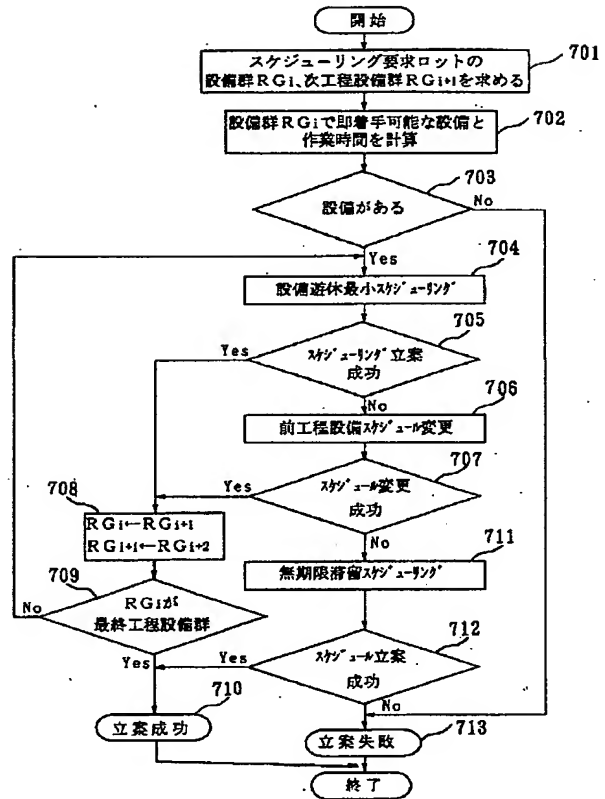
【図8】



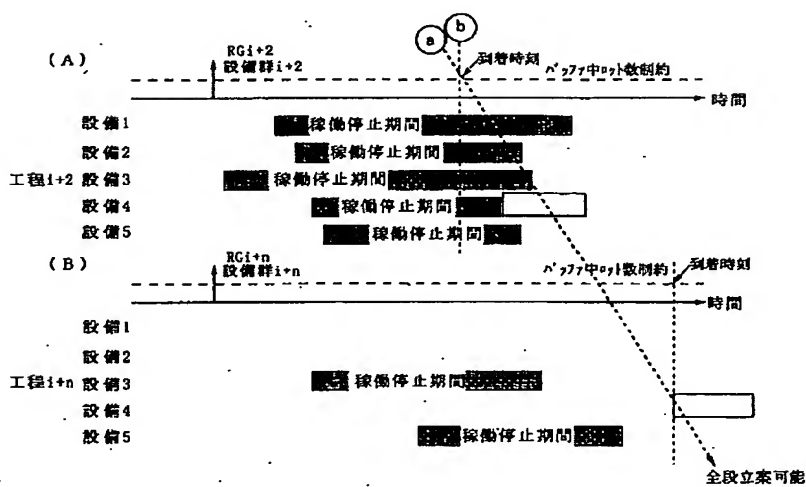
【図6】



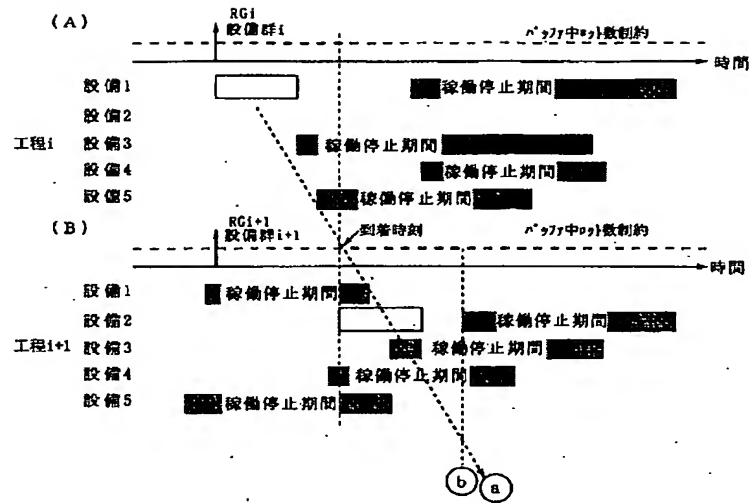
【図7】



【図9】



【図10】



【図11】

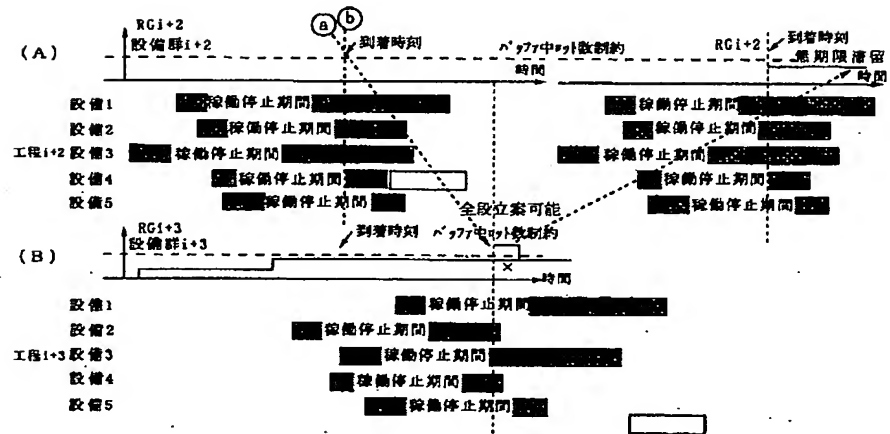


Figure 1 consists of two Gantt charts, (A) and (B), illustrating a scheduling method for equipment. Both charts have a horizontal axis labeled '時間' (Time) and a vertical axis labeled '設備群' (Equipment Group).

(A) Scheduling for equipment group i . The vertical axis is labeled '設備群 i ' and 'RG1'. The horizontal axis is labeled '時間'. A dashed line represents the '到着時刻' (Arrival time). A solid line represents the '設備停止期間' (Equipment stop period). The chart shows the stop periods for five pieces of equipment (設備1 to 設備5) for group i . The stop periods are represented by black bars. The arrival time is indicated by a dashed line labeled '到着時刻'.

(B) Scheduling for equipment group $i+1$. The vertical axis is labeled '設備群 $i+1$ ' and 'RG1+1'. The horizontal axis is labeled '時間'. A dashed line represents the '到着時刻' (Arrival time). A solid line represents the '設備停止期間' (Equipment stop period). The chart shows the stop periods for five pieces of equipment (設備1 to 設備5) for group $i+1$. The stop periods are represented by black bars. The arrival time is indicated by a dashed line labeled '到着時刻'.

(A)

RC1
設備群1

設備1

設備2 (F1311-0)

設備3

設備4 (F1311-1)

設備5

作業予定スケジュール

ベッ77中077数推移

時間

t0 t1 t2 t3

後段取り

(B)

RCi+1
次工程設備群i+1 (F1311-0-2)

設備1

設備2

設備3

設備4

設備5

作業予定スケジュール

ベッ77中077数推移

時間

t2 t3 t4 t5 t6

次工程到着 (F1311-3)

ベッ77滞留後着手可

ベッ77滞留後着手可

採用

即着手可 (最早着手)

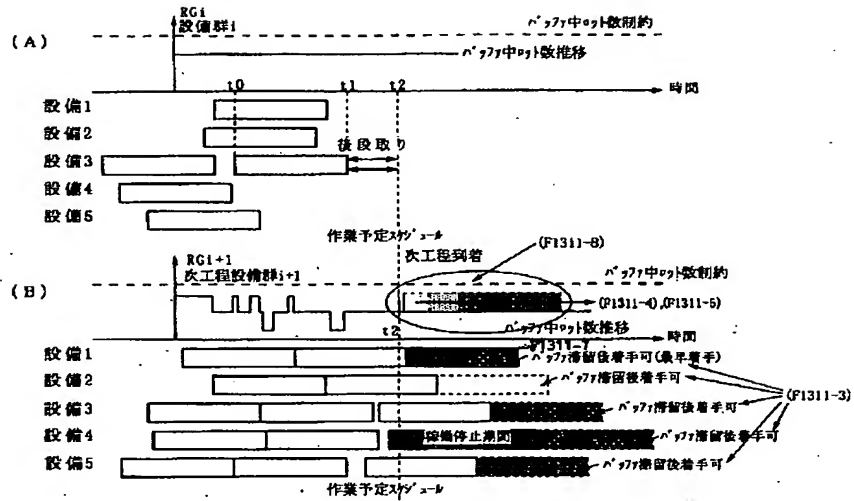
即着手可

ベッ77滞留後着手可

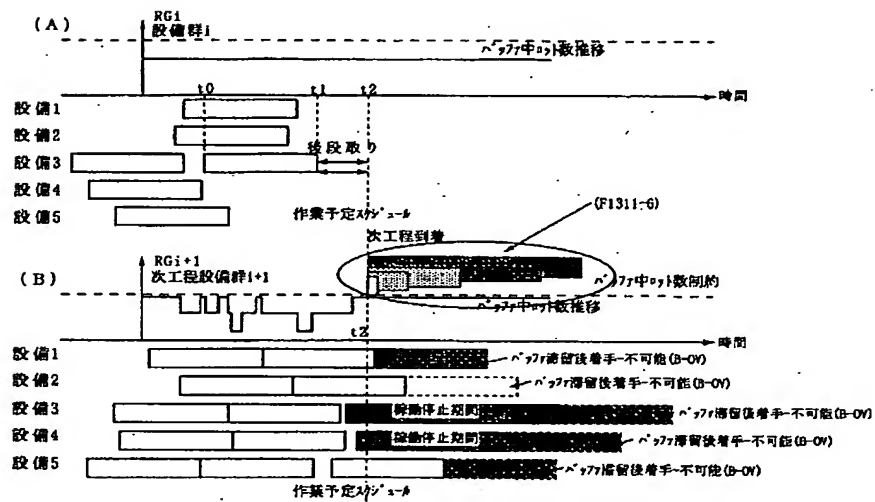
F1311-2

F1311-1

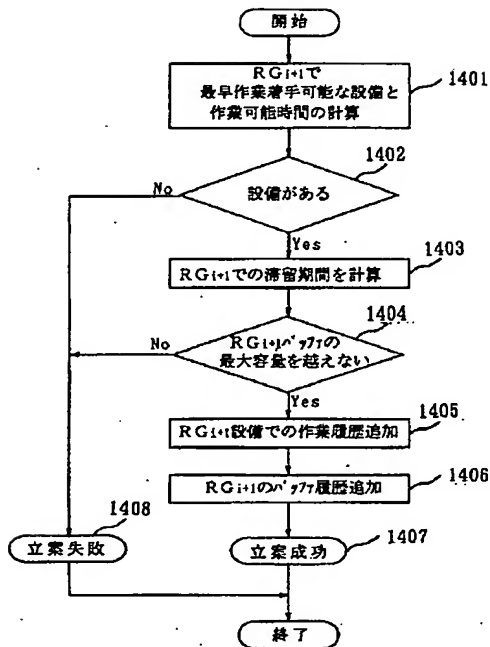
【図15】



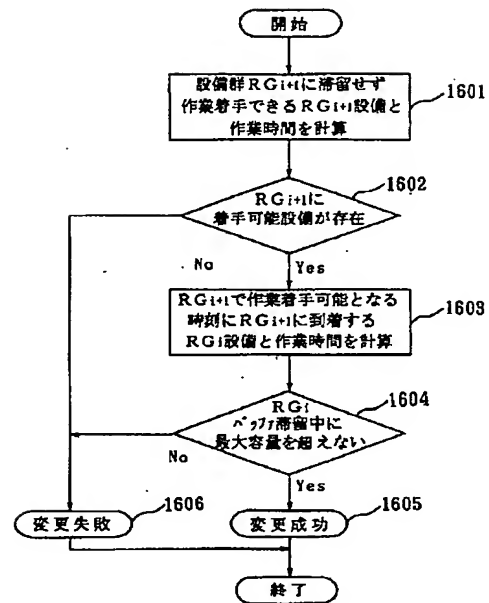
【図16】



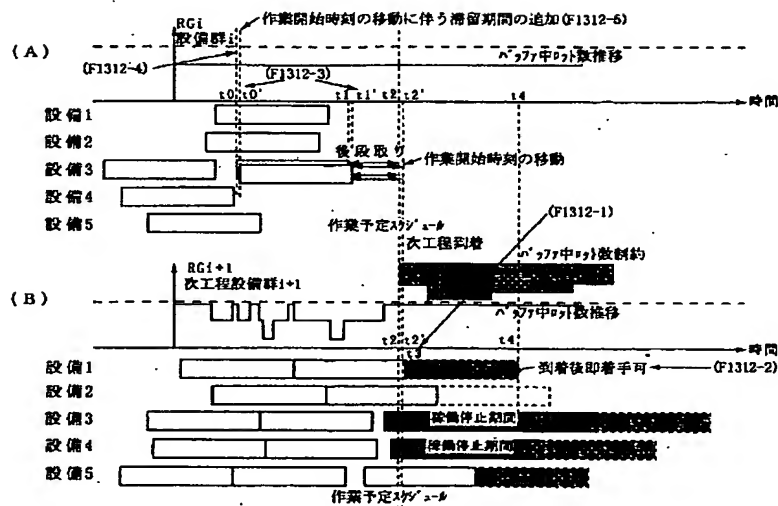
【図17】



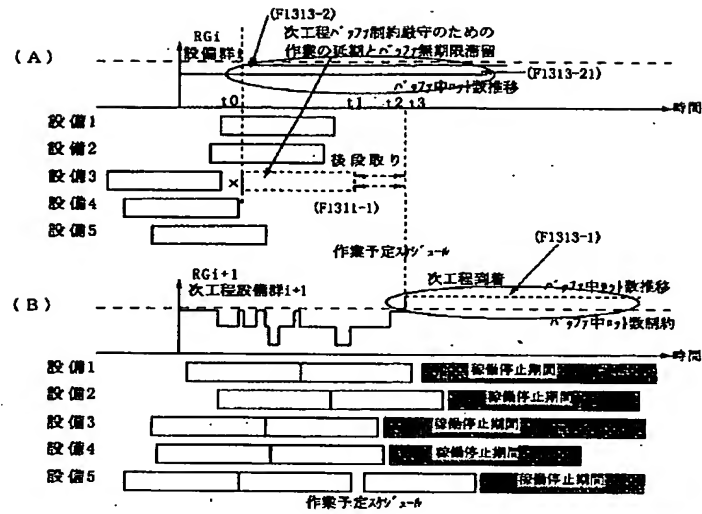
【図19】



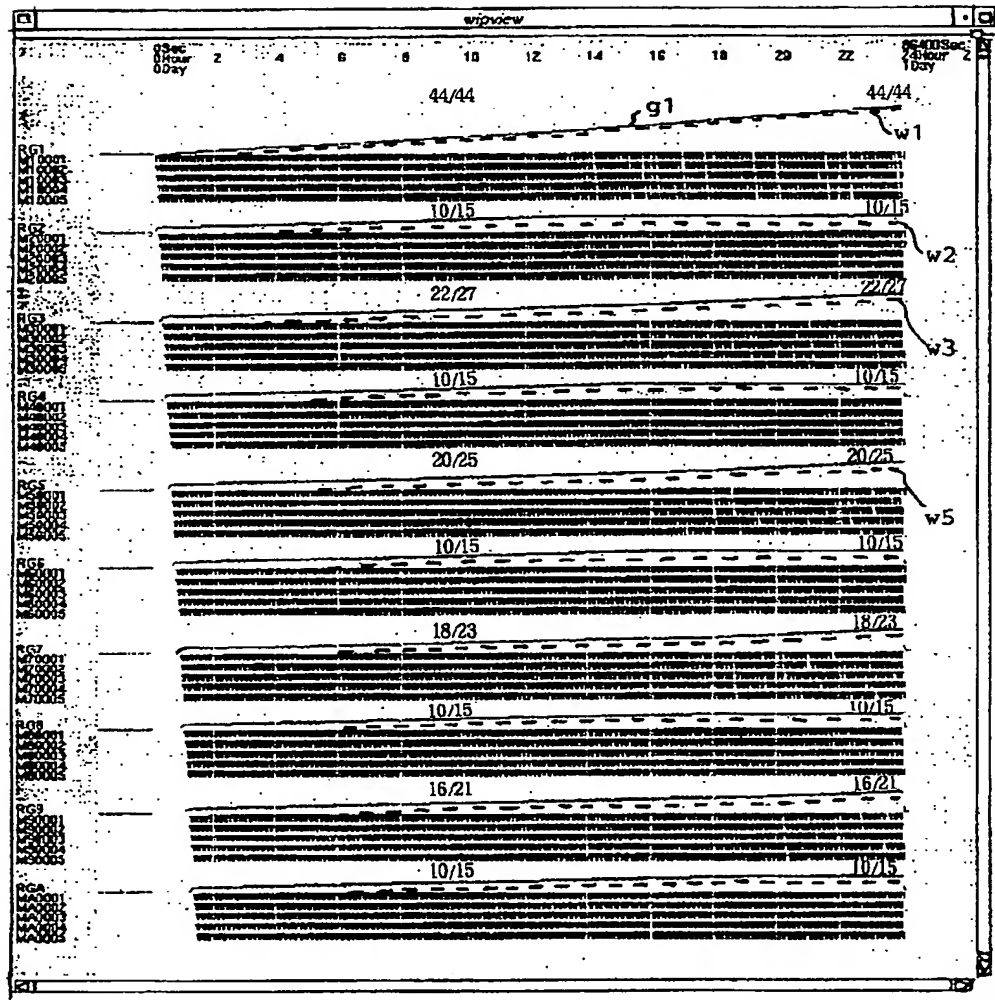
【図18】



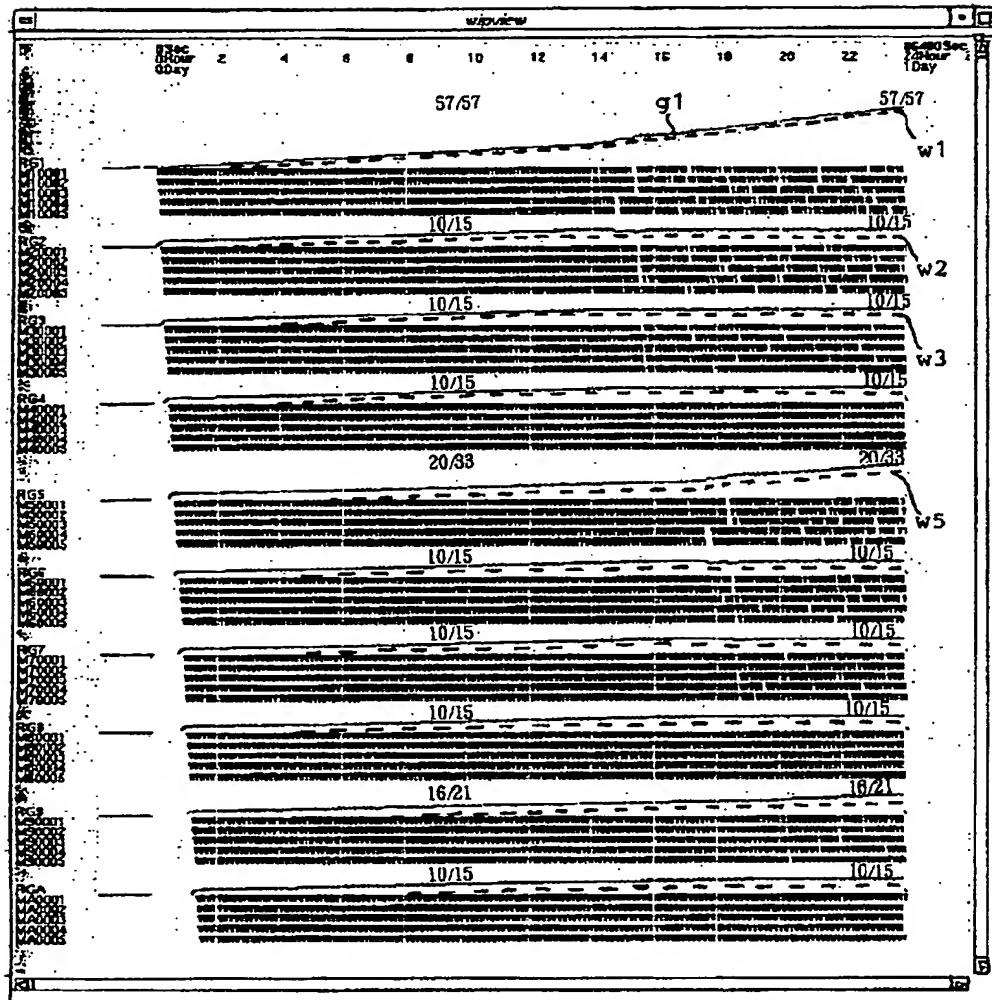
【図20】



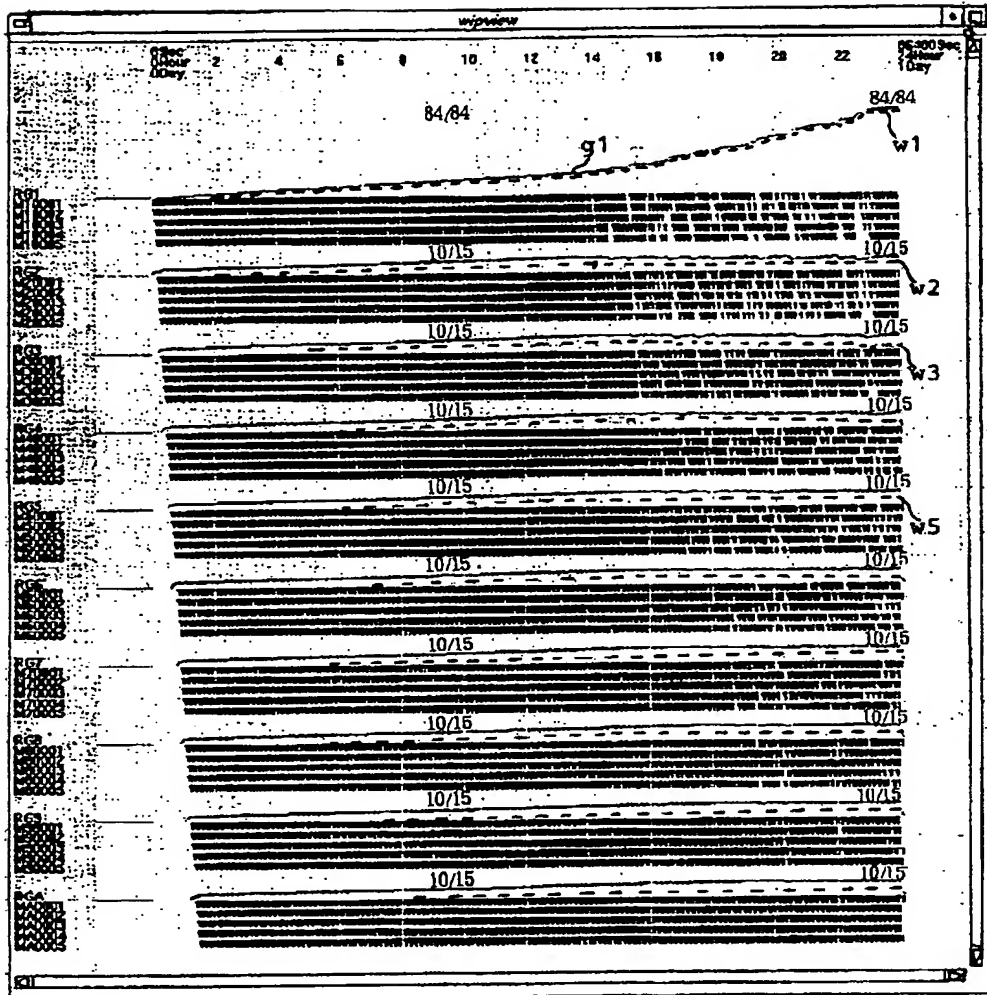
【図22】



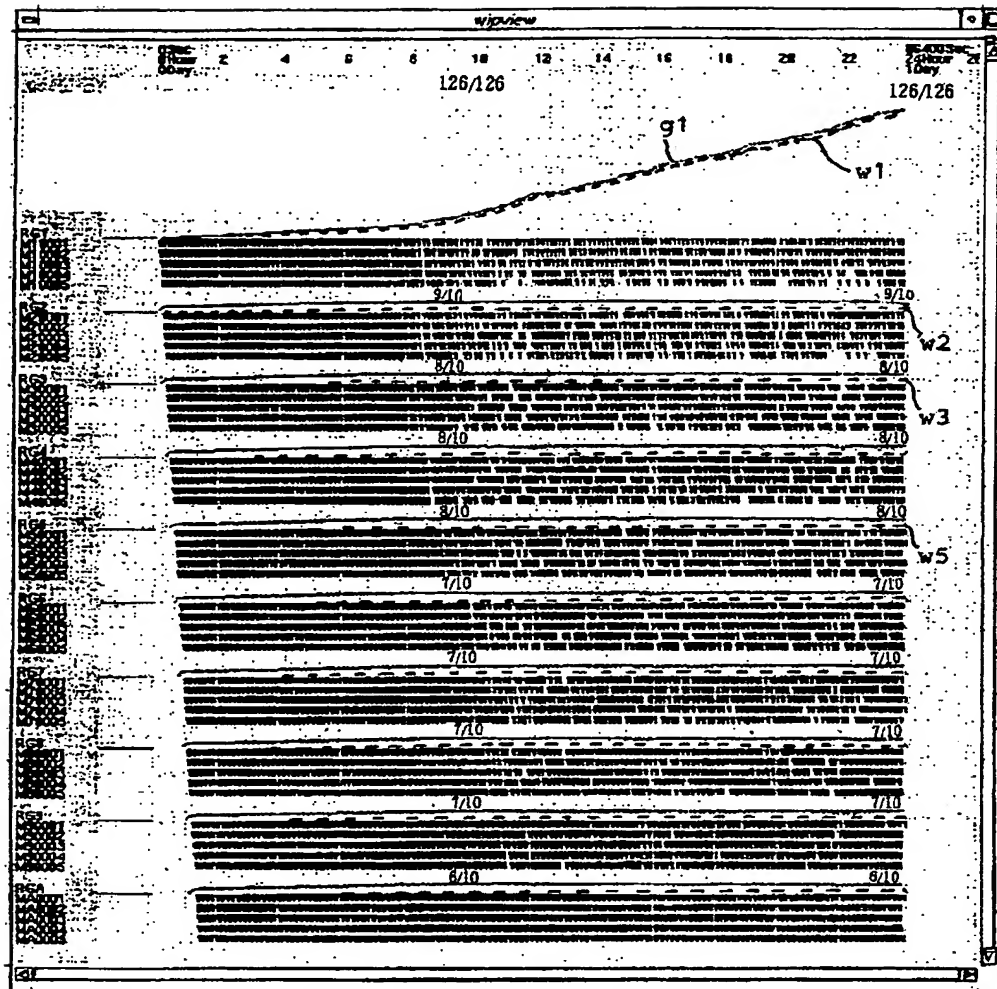
【図23】



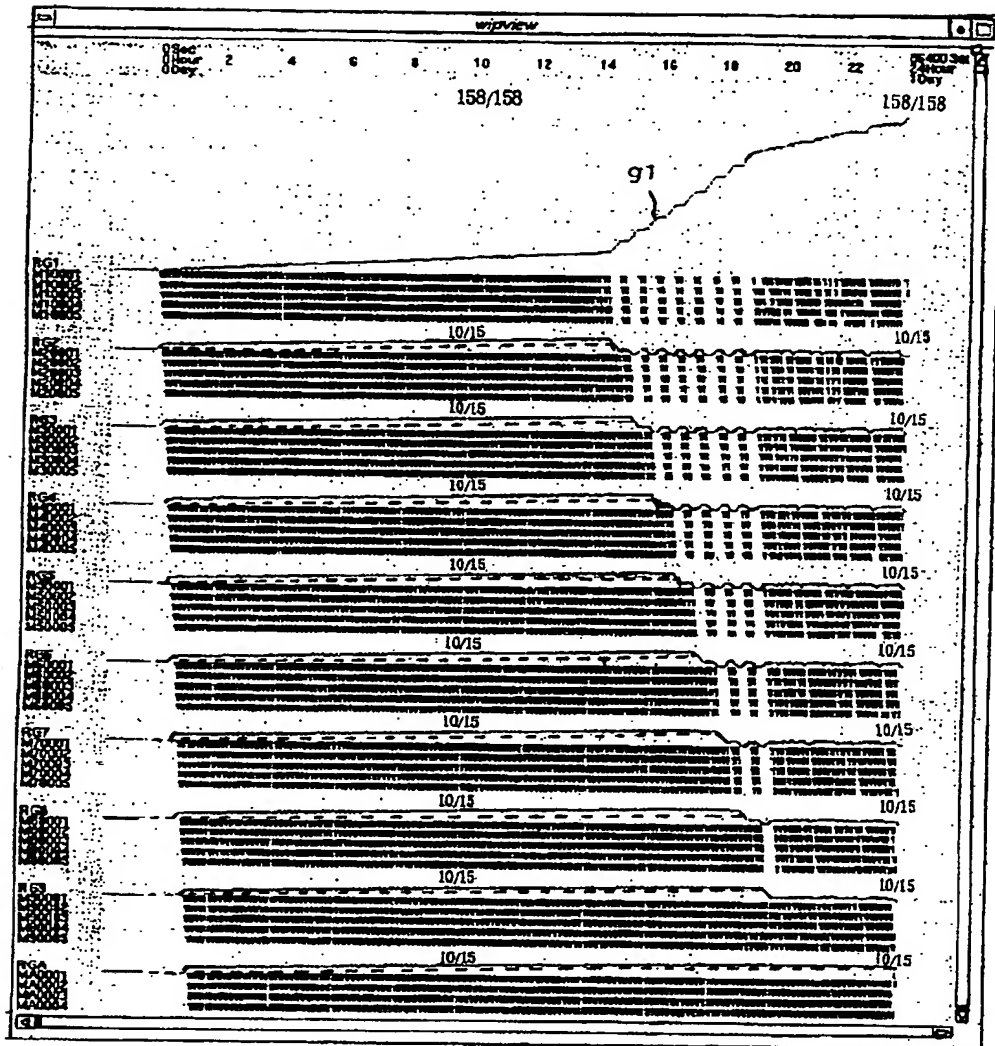
【図24】



【図25】



【図26】



【手続補正書】

【提出日】平成9年4月28日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0017

【補正方法】変更

【補正内容】

【0017】上記文献⁽¹⁾において、ガントチャートモデルでは、直前のバッファにロットが1つ以上入れられ

る時刻の最大値を t_1 、直後のバッファに空きができる時刻を t_2 、使用する設備が空く時刻を t_3 とした時に（それぞれ未定の場合は ∞ ）、

$$\max(t_1, t_2, t_3) < \infty$$

を満たす最早開始可能時刻 $\max(t_1, t_2, t_3)$

と、最早終了可能時刻により定められる最早処理可能時間区間を求めることによって、スケジューリングする方法についてふれられている。

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.